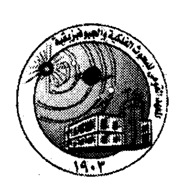


وزارة الدولة للبحث العلمى

المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

حـلـوان



السد العالى والزلازل

أ.د. على عبد العظيم تعيلب

رئيس المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

يوليو

٢٠٠٢

تقـــديم

فى إطار سياسـة الهيئـة العـامـة للسـد العـالي وخزان أسـوان التى تري أن الأخذ بوسـائل البحث العلمي كأسـاس لحل المشـاكل التي تعترض عمل الهيئة ، فقد آلت الهيئة على نفسها أن تعمل على تعميق الإتصالات وتنمية التعاون وتدعيم الروابط مع المؤسسات المعنية بالبحث العلمي فى الدوله.

وغني عن البيـان أن المعهد القـومي للبحـوث الفلكيـة والجيـوفيزيقيـة هو الصـرح العلمي المنوط بـه المراقبـة المسـتـمـرة للنشـاط الـزلـزالي وتحـركـات القشـرة الأرضيـة على مـدى ٢٤ سـاعـة يوميـاً ، ولذلك وفى أعـقـاب زلـزال نوفمبـر ١٩٨١ سـارع كل من الهيئـة والمعـهـد إلى عقـد إتفـاق ثنـائي للتعـاون المشـتـرك فيـمـا بينهـمـا ولآداء دور إيجـابي تبلور فى دعم وتوجيـه البـحـوث العلميـة التى يقوم بها المعهد للحفـاظ على أعظم المشروعـات القـوميـة فى مصـر : السـد العـالي ومنشـآته الحيـوية . وفى إطار هذا التعـاون المستـمـر تم إنشـاء مـركـز الزلازل الإقليـمي بـأسـوان وتطويره المسـتـمـر ليـواكب أحـدث المراكـز المتخـصـصـة ، حتى أصبح على أعلى مـسـتـوي علمي وإسـتطاع أن يربط البحـث العلمي بأرض الواقع وأن يسـاهم فى قضـايا التنمـيـة وخدمـة الوطن.

وتحـرص الهيئـة العـامة للسـد العـالي وخزان أسوان كمـا يحـرص المعـهـد القـومي للبحـوث الفلكيـة والجيوفيزيقيـة على عقد مـؤتمر سنوي تعرض فيه إنجازات المركز ومناقشة إمكانية تعظيم الإستفادة من هـذه الإنجازات ، كمـا تعـرض مـقـتـرحـات البـرامج البـحـثـيـة الجديدة كمدخـلات يسـتـفـاد منهـا فى إتخاذ القـرارات اللازمـة للحفـاظ على السـد العـالي وتـأمين وسـلامـة منشـآته الحيـوية .



وفى هذا الكتيب الذى أعدة أ.د. على عبد العظيم تعيلب رئيس المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية لمحات حول نماذج رائدة لبحوث آتت وتأتي ثمارها فى الحفاظ على السد العالي وتأمين وسلامة منشآته الحيوية بتضافر الجهود العلمية بين الهيئة والمعهد منذ ١٩٨٢ وحتى الأن .

ويعتبر الكتيب أحد الوثائق الهامة فى تتبع الوضع الزلزالي بمنطقة أسوان وما حولها ، كما يوضح النظرة المستقبلية لإستمرار هذا التعاون الرائد بين هيئتين قوميتين ، حيث أن مهمة البحث العلمي لا تقف عند مرحلة الدراسة بل تنتقل بالفكر وأسلوب العمل إلى مراحل متقدمة من التنفيذ التطبيقي للوصول إلى نتائج ملموسة تؤكد المحافظة على صرح السد العالي وتأمينه ضد المخاطر .

ونسأل الله العلي القدير أن يوفق مجتمع البحث العلمي فى مصر للعمل بما يعود على الوطن بالخير والنماء ، وإلى مزيد من التعاون لما فيه رقي الوطن ...

مهندس / فهمي تاوضروس داود

رئيس مجلس إدارة الهيئة العامة

للسد العالي وخزان أسوان



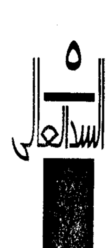
تقديم للمؤلف

فى الرابع عشر من نوفمبر عام ١٩٨١ ضرب زلزال متوسط قوته ٥,٣ درجة على مقياس ريختر منطقة شمال غرب بحيرة ناصر جنوب أسوان ، حددت بؤرته فى منطقة خور كلابشة على بعد حوالي ٧٠ كيلومترا جنوب غرب السد العالي . وقد إهتزت مدينة أسوان والمناطق المحيطة بها بعنف ، وتعرضت بعض المباني القديمة في كل من أسوان وكوم أمبو وأبو سمبل لبعض الأضرار.

وقد شعر بهزة الزلزال سكان جنوب مصر من أسوان حتى أسيوط شمالا (حوالي ٦٠٠ كيلو متر) ، كما إمتد الشعور به حتى مدينة الخرطوم بالسودان جنوباً (٥٠٠ كيلومتر) . وأحدث الزلزال تشققات فى صخور ضفتي بحيرة ناصر تركز أغلبها حول جبل مراوة فى الغرب ، ووقعت بعض الإنهيارات الصخرية فى بعض تلال الضفة الشرقية للبحيرة .

وتأثرت منطقة شمال غرب بحيرة ناصر بالعديد من توابع زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١، كما إستمر النشاط الزلزالي مختلفاً فى القوة والعدد ، وعلى فترات زمنية متباينة ، حتى الآن ونظراً لأهمية السد العالي ومنشآته الحيوية للإقتصاد القومي ، وعلى إعتبار أن زلزال نوفمبر ١٩٨١ من الأحداث الهامة بمنطقة شمال بحيرة ناصر ، فقد حظيت المنطقة بالعديد من الدراسات والبحوث بغرض تفهم طبيعة المنطقة ، والتعرف على أسباب حدوث الزلازل بها والعمل على التقليل من مخاطر النشاط الزلزالي والتحركات المصاحبة له على السد العالي ومنشآته الحيوية .

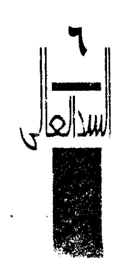
لذا ، يتعرض هذا الكتيب لنتائج الدراسات والبحوث التى أجريت على المنطقة ومدي مساهمتها فى التعرف على أسباب حدوث النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر ومدي تحمل السد العالي ومنشآته الحيوية



لآثار النشاط الزلزالي بالمنطقة ، وأهمية إستمرار مراقبة النشاط الزلزالي والتحركات المصاحبة له بمنطقة شمال بحيرة ناصر وحول جسم السد العالي، وإستمرار الدراسات والبحوث للحفاظ على السد العالي ومنشآته الحيوية دعماً للإقتصاد المصري .

المؤلف

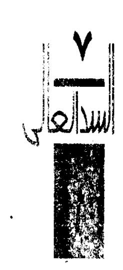
أ.د. على عبد العظيم تعيلب



لنهر النيل مكانه خاصة عند المصرين منذ القدم ، حيث أن نهر النيل هو نبع الخير وشريان الحياة على أرض مصر منذ آلاف السنين ، ومصر بحق هى هبة النيل . وقد إرتبط الإنسان المصري القديم بأرض الوادي الخصبة على ضفاف نهر النيل ، وبلغ من تقديره لأهمية النيل أن قدسه فى بعض الفترات.

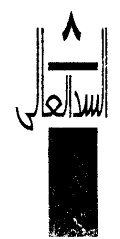
ومنذ فجر التاريخ حاول المصريون إستثمار نهر النيل لصنع حياه طبيعيه على أرض الكنانة ، حيث أنه من طبيعة نهر النيل أن يفيض فينشر الخير على أرض الوادي أو يغيض فيعم القحط والحرمان . ونهر النيل لم يستقر على حال ، حيث إختلف إيراده يوما عن يوم وشهراً عن شهر وموسماً عن موسم وعاما عن عام آخر . ولهذه الطبيعة المتقلبة كان النهر دوماً تحت بصر المصريين منذ القدم ، فى محاولة منهم لفهم أسراره وطبائعه المختلفة . لذا كان التنبؤ بفيضان النيل وحجم إيراده غاية فى الأهمية ، فأنشأ لذلك مقاييس عديدة على طول مجري النهر من جنوبه إلى شماله لقياس مستوي المياه والتعرف على إيراد النهر والتكهن بمستوى الفيضان .

ولم يكن الفيضان العالي كله خيراً ولا كان الفيضان المنخفض كله شراً . فعلى إمتداد التاريخ عرف المصريون سنين رخاء وأخري قحط كان السبب فيها فيض النهر أو غيضة . لذا إتجه المصريون إلى معالجة طبيعة النهر وترويضه ومحاولة السيطرة عليه حيث أقيمت الخزانات والقناطر فى أماكن مختلفة على إمتداد مجرى نهر النيل من الجنوب إلى الشمال للتخزين السنوي للمياه وتنظيم عمليات الري والزراعة التى هى أساس الإقتصاد المصري منذ القدم.



ونظراً للتفاوت الكبير فى إيراد النهر من عام لآخر ، لم تكن مشروعات التخزين السنوي للمياه ببناء الخزانات والقناطر على نهر النيل إلا علاجاً جزئياً لضبط إيراد النهر والسيطرة عليه ، ولم يساعد التخزين الموسمي على التوسع الزراعى وإستصلاح الأراضى وتنظيم الدورة الزراعية . هذا بالإضافة إلى أن حوالي ٤٠٪ من إيراد النهر كان يلقى فى البحر المتوسط . لذا نشأت فكرة إقامة سد ضخم للتحكم فى موارد النهر وإحتجاز فائض المياه على مدار السنين فى بحيرة صناعية تكفل إستيعاب الفائض عن إحتياجات الري وتوسعة الرقعة الزراعية فى السنين العالية الفيضان لسد النقص فى السنين المنخفضة أو الشحيحة الفيضان. ومن هنا بدأ التفكير فى إنشاء السد العالي جنوب أسوان ، عند أقل المناطق إتساعاً بمجري النهر والتي تبعد عن مدينة أسوان حوالي ١٥ كيلو متراً إلى الجنوب . حيث يسمح السد العالي بالتخزين على منسوب مرتفع يكفل تزويد مصر بتصريف ثابت من مياه النيل تساعد على تنظيم الري والتوسع الزراعي كما يزود البلاد بطاقة كهربية نظيفة تساعد فى التنمية الزراعية والصناعية للبلاد.

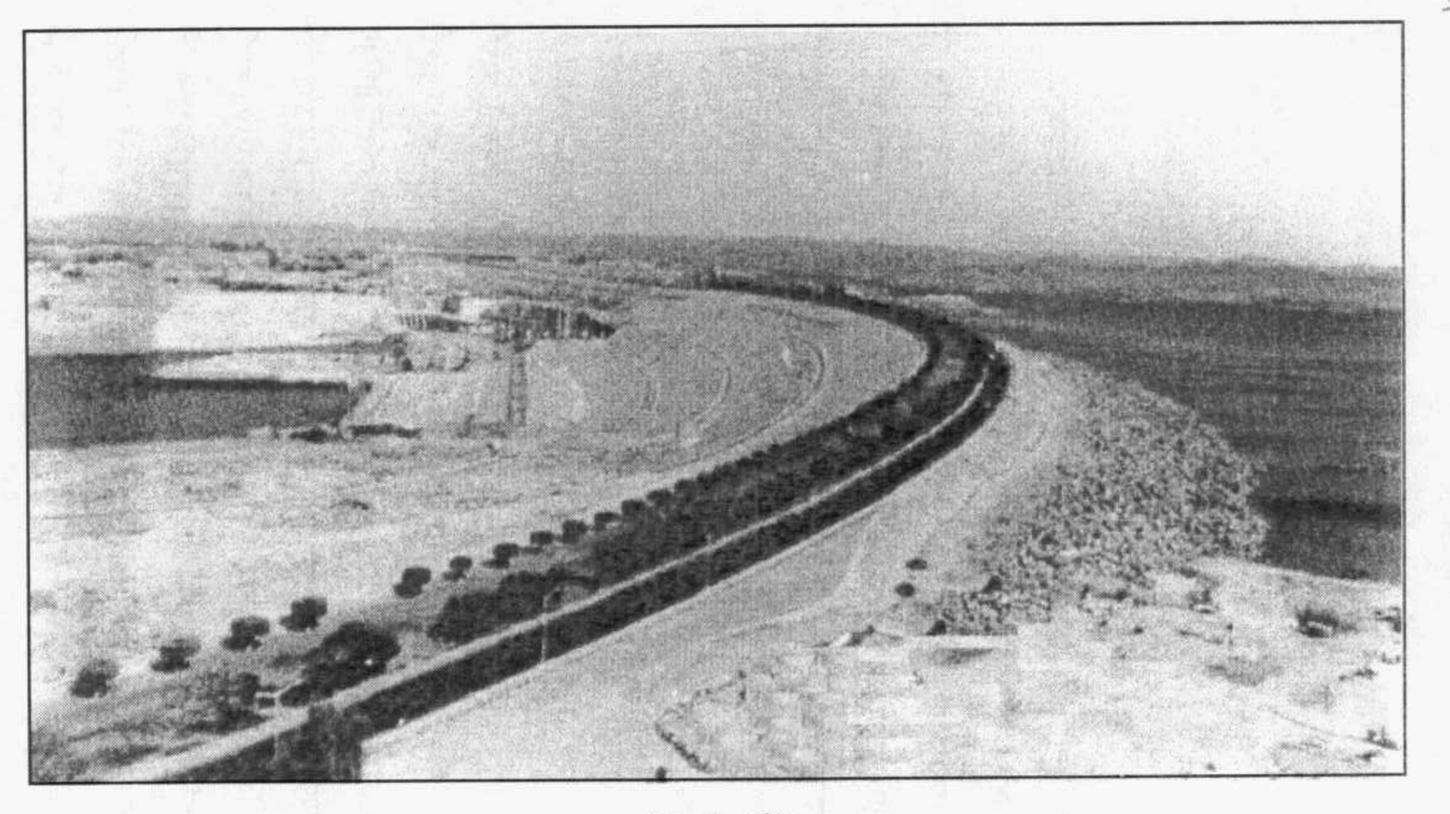
لذا يعتبر السد العالي ثمرة جهد وكفاح وعرق للمصريين منذ آلاف السنين على إمتداد التاريخ القديم ومنذ عشرات السنين على إمتداد تاريخ مصر الحديث . والسد العالي بأسوان يعتبر من المشروعات الهندسية الفريدة على مستوي العالم ، فهو صورة هندسية فريدة من نوعها بالمقارنة بالمشروعات الهندسية والزراعية والكهربائية الكبرى المعروفة فى العالم .



وقد أنشأ السد العالي (شكل رقم ١) على منسوب ٨٥ متراً عند القاع وترتفع قمته حتى منسوب ١٩٦ متراً عن سطح البحر ، وبذلك يكون إرتفاع السد فوق قاع النيل هو ١١١ متراً. ويبلغ طول السد العالي بالمجري الرئيسي للنيل فيما بين ضفتية ٥٢٠ متراً وطوله عند القمة ٣٨٣٠ متراً حيث يمتد السد على هيئة جناحين على جانبي ضفتي نهر النيل . كما يبلغ عرض قاعدة السد عند القاع إلى ٩٨٠ متراً ويتدرج بشكل هرمي إلى أن يصل عرض قمته إلى ٤٠ متراً. ويتكون جسم السد العالي من جزء ركامي من الجرانيت والرمال والطمي وتركيب خرساني . ويتوسط السد الركامي نواه صماء من الطين الأسواني مانعة لتسرب المياه تتصل فى الأمام بستارة أفقية مانعة للمياه أيضاً . ويوضح الشكل رقم (٢) قطاع عرضي بالجزء الركامي من جسم السد العالي .

والسد العالي متعدد الأغراض ، حيث لا يقتصر على الري فحسب ، بل يمتد ليشمل القوى الكهربية والوقاية من الفيضانات العالية . والسد العالي ينفرد بأنه المنشأ الذى يتحكم فى البلاد كافة من جنوبها إلى شمالها . ولنا فى سنوات الجفاف فى منطقة البحيرات الإفريقية ، الذى شمل شرق وغرب القارة على السواء خلال الفترة من ١٩٨٢ حتى ١٩٨٨، عبرة كبيرة تؤكد على أهمية هذا المشروع الكبير ووقايته للبلاد من خطر الجفاف .





شكل رقم (١)

منظر عام للسد العالى

أقصى إرتفاع لمستوى المياه فى البحيرة (١٨٣م)

١٨٦ ١٩٦ ١٧٩ ١٦٢ ١٤٥ ١٣٠ ١١٤

شكل رقم (٢)

قطاع عرضى بالمنطقة الركامية من جسم السدالعالى

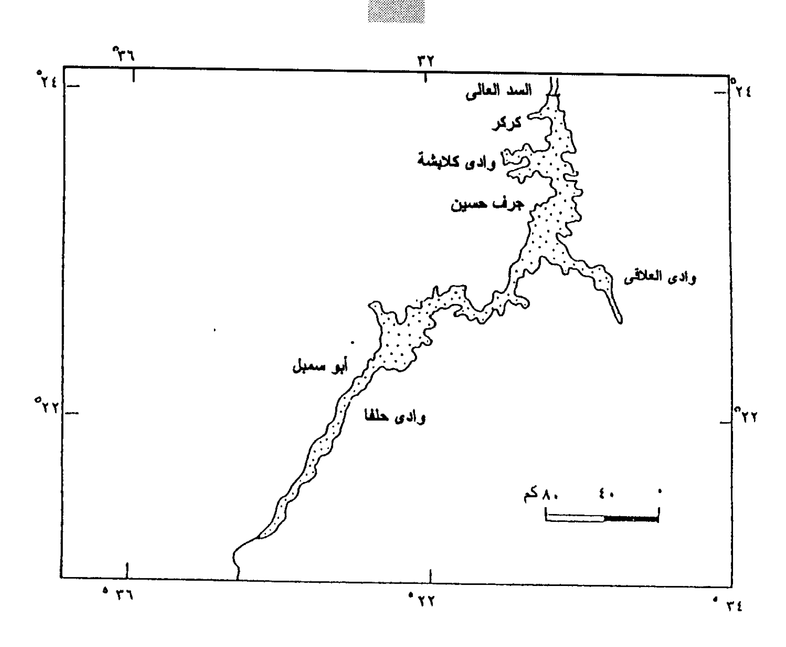


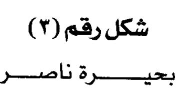
بحـــيرة نـــاصر

بعد إنشاء السد العالي وإغلاق المجري الرئيسي لنهر النيل وتحويل مجري النهر ، أصبح جنوب السد مخزناً كبيراً للمياه ، حيث بدأ الملء التدريجي لبحيرة ناصر منذ عام ١٩٦٤ . وتعتبر بحيرة ناصر ثاني أكبر بحيرة صناعية فى العالم (شكل رقم ٣) ، حيث تمتد البحيرة بطول ٥٠٠ كيلو مترا منها ٣٥٠ كيلوا مترا داخل الأراضي المصرية ، ١٥٠ كيلو مترا داخل السودان. ويبلغ متوسط عرض البحيرة فى أغلب مناطقها حوالي ١٢ كيلومترا ، ومساحة سطحها حوالي ٦٥٠٠ كيلومترا مربعاً . وتبلغ سعه تخزين البحيرة ١٦٢ مليار متر مكعب من المياه عند أعلى منسوب لحجز المياه أمام السد ١٨٢ متراً . ويقسم مخزون المياه إلى ثلاث سعات :

- السعـــه الميتـــه : وحجمها حوالي ٣١ مليار متر مكعب وتشمل الحيز من منسوب قاع لبحيرة وحتى منسوب ١٤٧ متر.
- السعة الحيـــه : وحجمها ٩٠ مليار متر مكعب وتشتمل الحيز من منسوب ١٤٧ متر وحتى منسوب ١٧٥ متر.
- السعة العاليـه : وحجمها ٤١ مليار متر مكعب وتشمل الحيز من منسوب ١٧٥ متر وحتى منسوب ١٨٢ متر، وهو أقصى منسوب تصميمي للمياه أمام السد العالي .

ويوجد على إمتداد بحيرة ناصر عدد كبير من الأخوار (شكل رقم ٣) حيث يوجد فى الجانب الغربي منها أخوار كركر وكلابشة وجرف حسين وأبو سمبل . ويعتبر خور كلابشة من أكبر الأخوار المتصلة ببحيرة ناصر من الغرب وأعظمها إتساعاً . أما على الجانب الشرقى من البحيرة فيوجد عدد من الأخوار الصغيرة . ويعتبر خور العلاقي من أطول أخوار الجانب الشرقي للبحيرة.





شكل رقم (٢)

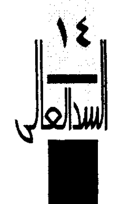
بحيـــــرة ناصـــــر

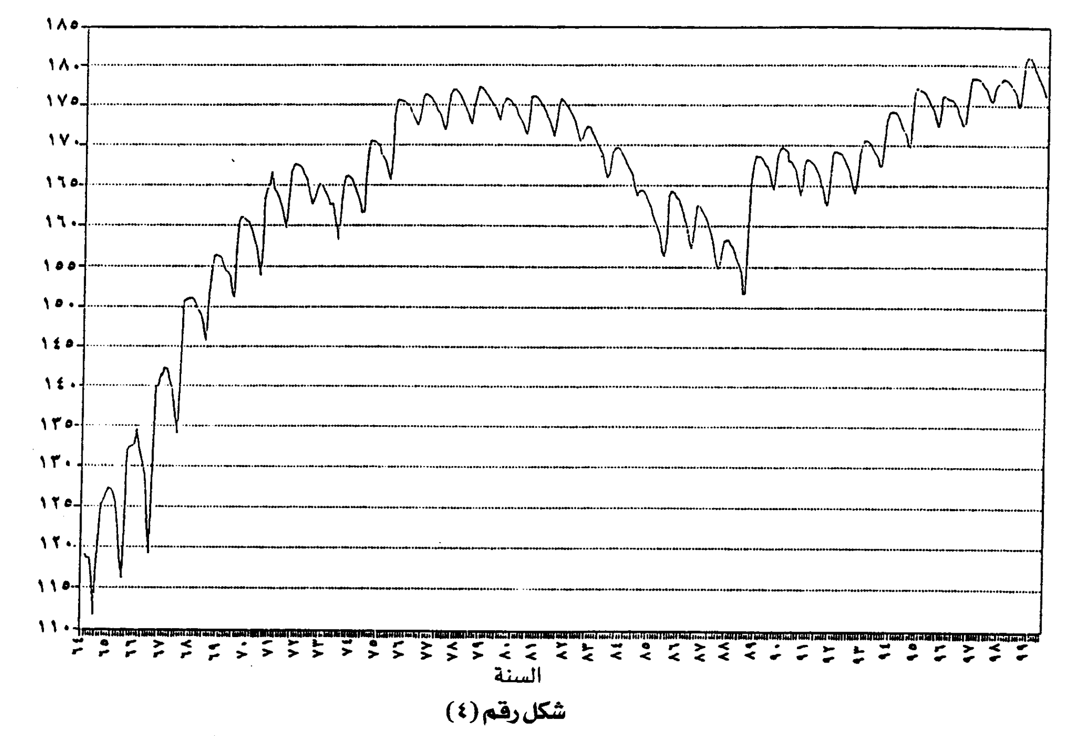


وقد بدأ التخزين في بحيرة ناصر منذ عام ١٩٦٤ بمعدل سنوي متغير تبعاً لمعدلات الملء (الفيضانات) والتفريغ (التصريف) ، ووصلت البحيرة إلى منسوب ١٧٧,٤٩ متراً فى نوفمبر ,١٩٨٧ توالى بعد ذلك سنوات شحيحة الإيراد حتى وصل منسوب البحيرة إلى ١٥٠,٦٢ متراً فى يوليو ١٩٨٨ ، إرتفع بعدها المنسوب إلى ١٦٨,٨٢ متراً فى فيضان عام ١٩٨٩ (شكل رقم ٤).

ولبحيرة ناصر ، كأي بحيرة صناعية فى العالم ، فوائدها العظيمة ولها آثارها الجانبية المتوقعة ومنها الزلازل . حيث أنه من الطبيعي أن يتسبب إقامة البحيرات الصناعية فى حدوث نشاط زلزالى غير عادي ، وذلك بسبب تغير إتزان القوي الطبيعية فى مناطق إنشائها وعمل القوي الطبيعية على تكييف نفسها مع تلك الأوضاع الجديدة ، الأمر الذى قد يتولد عنه تغير فى مستوي النشاط الزلزالى لتلك المناطق. فمن المتعارف عليه أن العديد من البحيرات الصناعية فى العالم قد تسببت فى حدوث نشاط زلزالي ، والذى يحدث عادة بعد تكون هذه البحيرات مباشرة أو بعد فترة زمنية تباينت من بحيرة إلى أخري . ويبدأ هذا النشاط بزلزال كبير نوعا ما ، يتلوه العديد من الزلازل الأصغر قوة والتى قد تستمر لعدة سنوات .

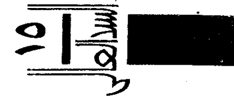
ولم تخالف بحيرة ناصر ما هو معروف عن البحيرات الصناعية على مستوى العالم ، حيث أنه وبعد مرور سبعة عشر عاماً من بدء التخزين فى البحيرة ، فى ١٤ نوفمبر ١٩٨١ ، حدث زلزال متوسط القوة (٥,٣ على مقياس ريختر) بمنطقة كلابشة (المنطقة الواقعة على الطرف الغربي للخور) على بعد ٧٠ كيلو مترا جنوب غرب السد العالي . وقد إستمر النشاط الزلزالي فيما بعد متباينا فى القوة والعدد حتى اليوم .





شكل رقم (٤)

التغير فى منسوب المياه فى بحيرة ناصر منذ بدء التخزين عام ١٩٦٤ حتي عام ٢٠٠٠



البحيرات الصناعية والزلازل

يزداد معدل النشاط الزلزالي عادة فى المواقع التى يشيد الإنسان عليها السدود الكبيرة والبحيرات الصناعية العملاقة . ويعزى النشاط الزلزالي غالباً إلى إختلال التوازن الطبيعي لقشرة الأرض بمناطق إنشاء السدود والبحيرات مما يسبب حدوث إجهادات كبيرة على الصخور وتجمع للطاقة وحدوث زلازل تتناسب قوتها مع كمية الطاقة المتحررة . ولإختلال التوازن الطبيعي لقشرة الأرض بمناطق البحيرات الصناعية أسباب كثيرة نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر تأثير زيادة الأحمال على سطح الأرض وتسهيل المياه المتسربة عبر المسام والشقوق والفواصل لحركة إنزلاق الصخور على جوانب الصدوع.

وكانت بحيرة ميد بولايه أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية ، والتى تكونت أمام سد هوفر فى الثلاثينات من هذا القرن ، هى أول بحيرة صناعية تسببت فى حدوث زلزال. حيث صاحب إمتلاء البحيرة ، بعد ثلاث سنوات من بدء تكوينها ، حدوث زلزال بلغت قوته ٥,٠ درجة على مقياس ريختر ، تبعه وقوع حوالي ٦٠٠ هزة على مدى العشر سنوات التالية . تلي ذلك حدوث زلازل متباينة القوة بمناطق إنشاء العديد من البحيرات الصناعية على مستوي العالم . نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر البحيرات التالية :

- بحيرة هينجفنكيان بالصين ، أحدثت زلزالا قوته ٦,١ درجة على مقياس ريختر بعد ثلاثة سنوات من تكوينها.
- بحيرة كاريبا بزامبيا ، أحدثت زلزالا قوته ٥,٨ درجة على مقياس ريختر بعد أربعة سنوات من تكوينها.
- بحيرة كوينا بالهند ، أحدثت زلزالا قوته ٦,٥ درجة على مقياس ريختر بعد ثلاثة سنوات من تكوينها.



- بحيرة كريماستا فى اليونان ، أحدثت زلزالا قوته ٦,٣ درجة على مقياس ريختر بعد عام واحد من تكوينها.

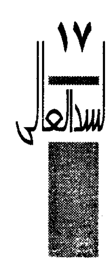
- بحيرة ناصر جنوب أسوان ، أحدثت زلزالا قوته ٥,٣ درجة على مقياس ريختر بعد سبعة عشرة عاماً من تكوينها.

هناك أيضاً من البحيرات الصناعية ما أحدث زلازل أقل قوة مثل بحيرة مونتيانارد فى منطقة الألب الفرنسية ، وبحيرة تيمور فى نيوزيلاندا ، وبحيرة كلارك هيل فى الولايات المتحدة الأمريكية . وعلى النقيض من ذلك هناك بحيرات صناعية أدى تكوينها إلى نقص النشاط الزلزالي مثل بحيرة أندرسون بالولايات المتحدة الأمريكية . ويوضح الجدول رقم (١) مقارنة بين بيانات عدد من البحيرات الصناعية التى أحدثت زلازل كبيرة ومتوسطة منها إرتفاع السد أمام البحيرة ، وحجم البحيرة ، والفترة التى إنقضت من تاريخ بدء الملء وحتى حدوث الزلزال الرئيسي بمنطقة البحيرة.

جدول رقم (١)

بيانات عدد من البحيرات الصناعية التى أحدثت زلازل كبيرة ومتوسطة

إسم البحيرة	المكان (الدولة)	إرتفاع السد أمام البحيرة بالمتر	حجم البحيرة x ١٠^٦م٣	قوة الزلزال	الفترة التي إنقضت بين بدء الملء وحدوث الزلزال الرئيسي	ملاحظات
كوينا	الهند	١٠٣	٢٧٠٨	٦,٥	٣ سنوات	
كريماستا	اليونان	١٦٥	٤٧٥٠	٦,٣	سنه واحدة	
هينجفنكيان	الصين	١٠٥	١٠٥٠٠	٦,١	٣ سنوات	
أورفيل	الولايات المتحدة	٢٣٦	٤٢٩٥	٥,٩	٧ سنوات	
كاريبا	زامبيا	١٢٨	١٦٠٣٦٨	٥,٨	٤ سنوات	
ناصر	مصر	١١١	١٦٢٠٠٠	٥,٣	١٧ سنه	



تابع جدول رقم (١)

إسم البحيرة	المكان (الدولة)	إرتفاع السد أمام البحيرة بالمتر	حجم البحيرة ١٠^٦م٣	قوة الزلزال	الفترة التي إنقضت بين بدء الملء وحدوث الزلزال الرئيسي	ملاحظات
ميد	الولايات المتحدة	٢٢١	٣٦٧٠٣	٥,٠	٣ سنوات	
ماراثون	اليونان	٦٣	٤١	٥,٠	٨ سنوات	
تيمور	نيوزيلاندا	١١٨	٢١٠٠	٥,٠	سنه واحدة	
مونتيانارد	فرنسا	١٥٥	٢٤٠	٤,٩	سنه واحدة	
كوروبى	اليابان	١٨٦	١٩٩	٤,٩	سنه واحدة	
باجيتاباستا	يوغوسلافيا	٨٩	٣٤٠	٤,٥	سنه واحدة	
نوريسك	روسيا	٣١٧	١٠٤٠٠	٤,٥	٣ سنوات	
كلارك هيل	الولايات المتحدة	٦٧	٢٥٠٠	٤,٣	٢٢سنه	
تالينجو	إستراليا	١٦٢	٩٢١	٣,٥	سنه واحدة	
كيبان	تركيا	٢٠٧	٣١٠٠٠	٣,٥	سنه واحدة	
جاكسوزى	الولايات المتحدة	١٣٣	١٤٣٠	٣,٢	٣ سنوات	
كماريسى	أسبانيا	٤٤	٤٠	٣,٥	سنه واحدة	

وقد توصلت الدراسات الحديثة التي أجريت على عدد من البحيرات الصناعية ونشاطها الزلزالي أن كل بحيرة منها لها طبيعتها الخاصة ، كما أن لها أسبابها الخاصة لحدوث الزلازل بها . كما توصلت هذه الدراسات إلى الملاحظات العامة التالية :-

(١) يبدأ النشاط الزلزالي عـــادة فى السنوات القليلة الأولي من بدء الملء (جدول رقم ١) ، وغالباً ما يبدأ بزلزال كبير مسبوق بعدد قليل من الزلازل الأقل قوة ويليه عدد كبير من التوابع صغيرة القوة.

(٢) فى حالة بعض البحيرات الصناعية ، توجد علاقة وثيقة بين النشاط الزلزالى والتغير فى منسوب المياه بتلك البحيرات ، مثال ذلك بحيرة ميد بالولايات المتحدة (شكل رقم ٥) وبحيرة كوينا بالهند (شكل رقم ٦).

(٣) النشاط الزلزالي حول عدد من البحيرات الصناعية يوافق عادة تناقص فى منسوب المياه فى البحيرة (شكل رقم ٦) ، وفى بعض الحالات يوافق تزايد فى منسوب المياه فى البحيرة (الأشكال أرقام ٥ ، ٧ ، ٨) ، خاصة عندما يصل أقصى قيمة له .

(٤) النشاط الزلزالي حول عدد من البحيرات الصناعية يحدث عادة بعد فاصل زمني من التغير فى المنسوب المياه بهذه البحيرات ويختلف الفاصل الزمني من بحيرة إلى أخري.

(٥) فى مناطق كثير من البحيرات الصناعية يبدأ النشاط الزلزالي فى الهدوء من حيث القوة والعدد عندما تبدأ مناطق تلك البحيرات فى التوازن والإستقرار .



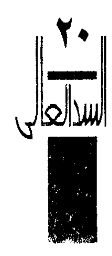
٦) وجود الصدوع والفوالق النشطة فى مناطق تلك البحيرات الصناعية يعتبر من أحد العوامل المساعدة على زيادة مستوي النشاط الزلزالي حول هذه البحيرات .

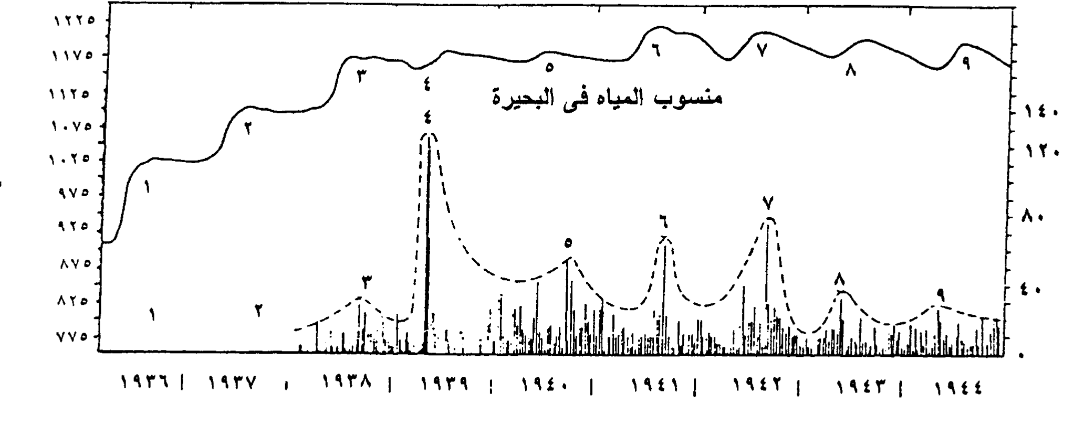
(٧) العوامل الجيولوجية والوضع التركيبي والتكتوني فى مناطق البحيرات الصناعية من العوامل الهامة والمؤثرة فى تغير مستوى النشاط الزلزالي بمناطق تلك البحيرات وأيضاً إختلاف طبيعة كل منها عن الأخرى.

(٨) عمق البحيرات الصناعية وحجمها هما عاملين مؤثرين بدرجة ما على مستوي النشاط الزلزالي حول عدد من البحيرات الصناعية .

(٩) الزلازل التى تحدث بمناطق البحيرات الصناعية معظمها ضحل يحدث بالقرب من سطح الأرض وعادة ما يحدث أكبر الزلازل قوة بعد ملء البحيرة ووصول المياه لأعلى منسوب.

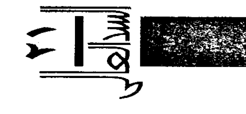
(١٠) النشاط الزلزالي حول مناطق البحيرات الصناعية من النوع الثأثيرى الذى ما يكون عادة متوسط القوي ونادراً ما يتعدى قوته ٦ درجة على مقياس ريختر .

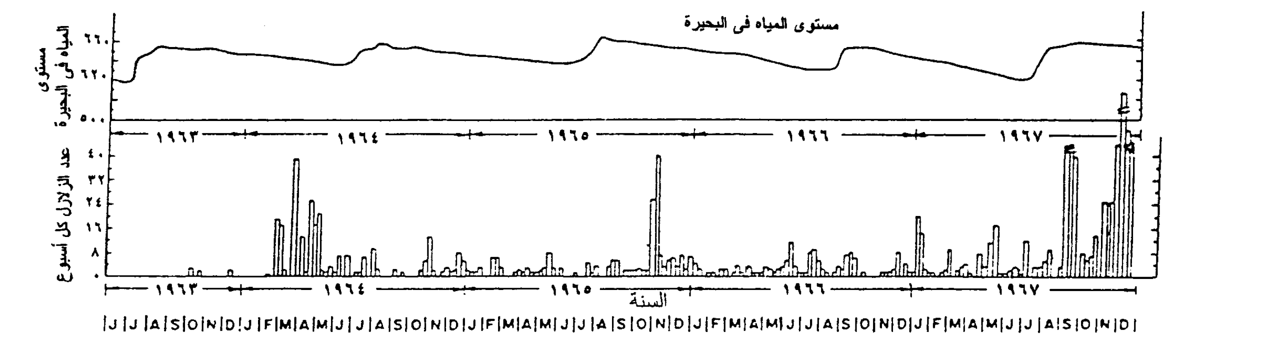




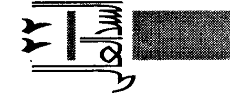
شكل رقم (٥)

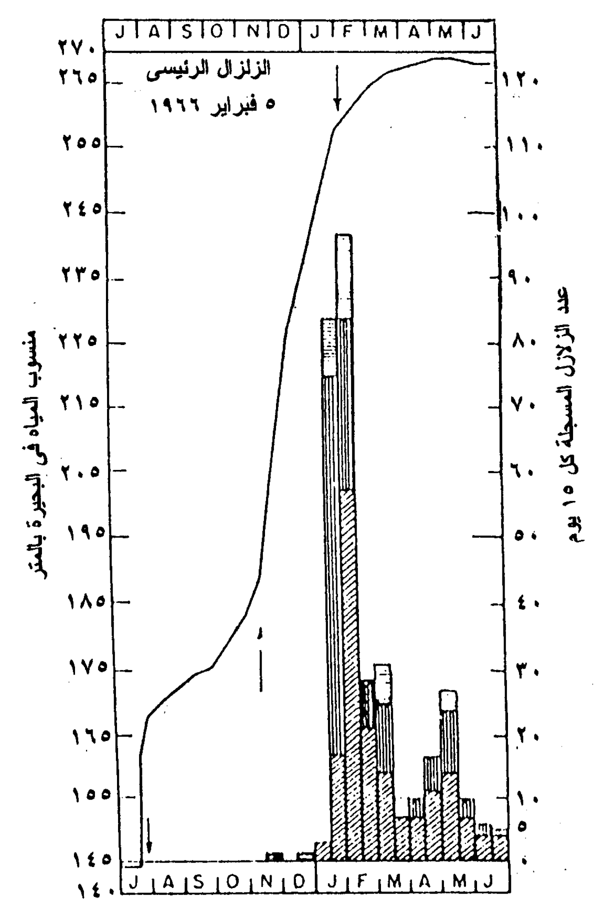
العلاقة بين النشاط الزلزالى (عدد الزلازل كل ١٠ أيام)
والتغير فى منسوب المياه في بحيرة ميد بالولايات المتحدة





شكل رقم (٦)
العلاقة بين النشاط الزلزالى (عدد الزلازل أسبوعياً)
والتغير فى منســـوب المـــياه في بحـيرة كوينا بالهند





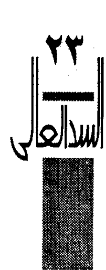
تسجيلات محطة واحدة =

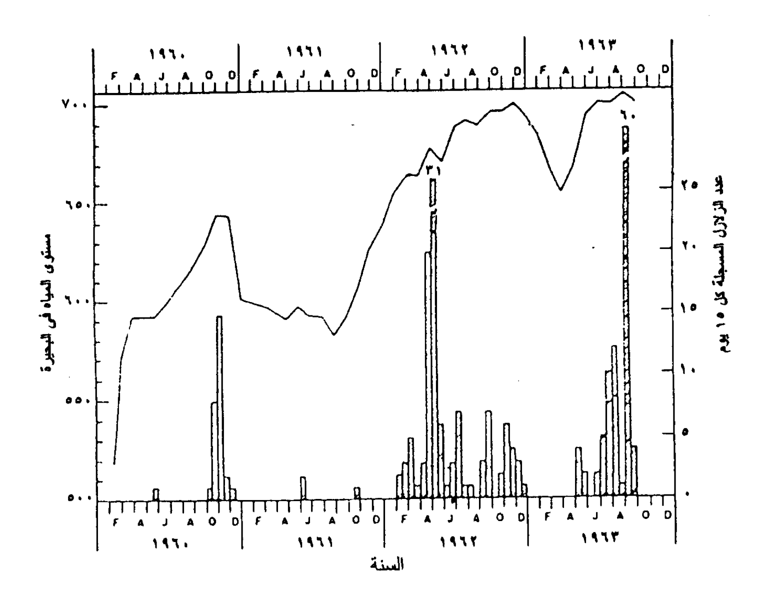
تسجيلات محطتين =

تسجيلات أكثر من محطة =

شكل رقم (٧)

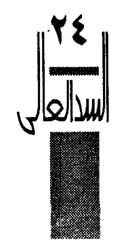
العلاقة بين النشاط الزلزالى (عدد الزلازل ١٥ يوم) والتغير فى منسـوب المـياه الجوفيه في بحـيرة كريما ستا فى اليونان





شكل رقم (٨)

العلاقة بين النشاط الزلزالى (عدد الزلازل ١٥ يوم) والتغير فى منسوب المياه الجوفيه في بحيرة فايونت بإيطاليا



العوامل التى تتحكم فى حدوث الزلازل بمناطق البحيرات الصناعية :

من الدراسات والبحوث التى أجريت على مناطق البحيرات الصناعية أمكن التعرف على العوامل التى تتحكم فى حدوث الزلازل بتلك المناطق ، نوجزها فيما يلى :

(١)عوامل طبيعية :

وهذه العوامل تعتمد على طبيعة البحيرات الصناعية ذاتها مثل عمق البحيرة وحجمها وشكلها (طبوغرافيتها) ومعدلات الملء والتفريغ والتغير فى منسوب المياه بها.

وعاملى العمق والحجم من العوامل التى تؤثر على الضغوط الرأسية على قاع البحيرة والضغوط الأفقية على جانبيها وما تسببه من إجهاد نتيجة لثقل المياه . ولا يعتبر عمق وحجم البحيرة من العوامل المؤثرة بالدرجة الأولى ، ويعتبر شكل البحيرة وطبوغرافية مناطقها عاملا من العوامل الهامة التى ينتج عنها ضغوط رأسية مختلفة على قاع البحيرة .

أما معدلات الملء والتفريغ بالبحيرات الصناعية والتغير الموسمي فى منسوب هذه البحيرات فهما من العوامل الهامة التى يصحبها فى كثير من البحيرات حدوث نشاط زلزالي ملحوظ ، حيث يعمل تغير الأوزان الواقعة على صخور قاع البحيرة على تغير مستوى الإجهاد الرأسى الواقع على هذه الصخور وحدوث نُشاط زلزالي متباين القوة والعدد.

أيضاً يعمل تسرب المياه فى الشقوق والفواصل المؤثرة على قيعان البحيرات الصناعية وحوافها إلى زيادة ضغط مسام هذه الصخور ويضعف ذلك من طاقة إحتمالها وشدة تماسكها مما يؤدى إلى حدوث زلازل . كما يعمل تسرب المياه على أسطح الصدوع والفوالق إلى تسهيل حركتها وإنزلاق



الصخور على جانبيها وتجمع طاقة الإجهاد على أسطح الصدوع والفوالق وحدوث نشاط زلزالي .

(٢) الظروف الهيدرولوجية :

وأهمها علاقة مياه البحيرات الصناعية بالمياه الجوفية فى المناطق المحيطة بها وأيضاً حجم الخزان الجوفى ومدى تأثره بمعدلات الملء والتفريغ فى هذه البحيرات حيث يؤثر ذلك على الضغط المسامي لصخور مناطق البحيرات الصناعية .

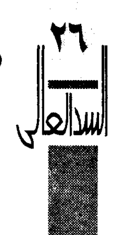
(٣) الظروف الجيولوجية :

ومن أهم هذه العوامل وجود الصدوع والفوالق بمناطق البحيرات الصناعية والذى يعتبر من أهم عوامل حدوث النشاط الزلزال بهذه المناطق. حيث يعتبر نوع الصدوع والفوالق بمناطق البحيرات الصناعية أو بالقرب منها وطولها وإتجاهها بالنسبة للبحيرة ونوع الحركة عليها (أفقية أو رأسية) ومدى نشاط هذه الصدوع والفوالق وعمقها عن سطح الأرض (الإمتداد الرأسى لها) والمياه المتسربة بين جدرانها من العوامل الهامة والمؤثرة والمسببة لحدوث الزلازل .

أيضاً تعتبر نوعية صخور قيعان البحيرات وجوانبها (نارية أو رسوبيه أو متحولة) ودرجة مساميتها وحجم هذه المسام وما بهذه الصخور من شقوق وشروخ وفواصل ومدى إتصالها ببعضها البعض من العوامل المؤثرة على مناطق البحيرات الصناعية والمساعدة على حدوث النشاط الزلزالي بها.

(٤) النشاط الزلزالي فى البحيرات الصناعية قبل تكوينها:

يعتبر مستوى النشاط الزلزالي بمناطق البحيرات الصناعية قبل تكوينها وقربه من مناطقها وعمق هذا النشاط من سطح الأرض وتكراريته من



العوامل الهامة التى تساعد فى فهم طبيعة مناطق هذه البحيرات وتحديد أكبر زلزال يمكن حدوثه مستقبلاً بمناطقها.

كما أن قرب أو بعد مناطق البحيرات الصناعية من حدود الصفائح التكتونية وقربها أو بعدها عن الصدوع والفوالق النشطة يعتبر أيضاً من العوامل الهامة التى تساعد على فهم ظاهرة حدوث الزلازل بمناطق البحيرات الصناعية .



الخصائص الجيومورفولوجية والجيولوجية والتركيبة لوادى النيل والدلتا

الخصائص الجيومورفولوجية لوادى النيل :

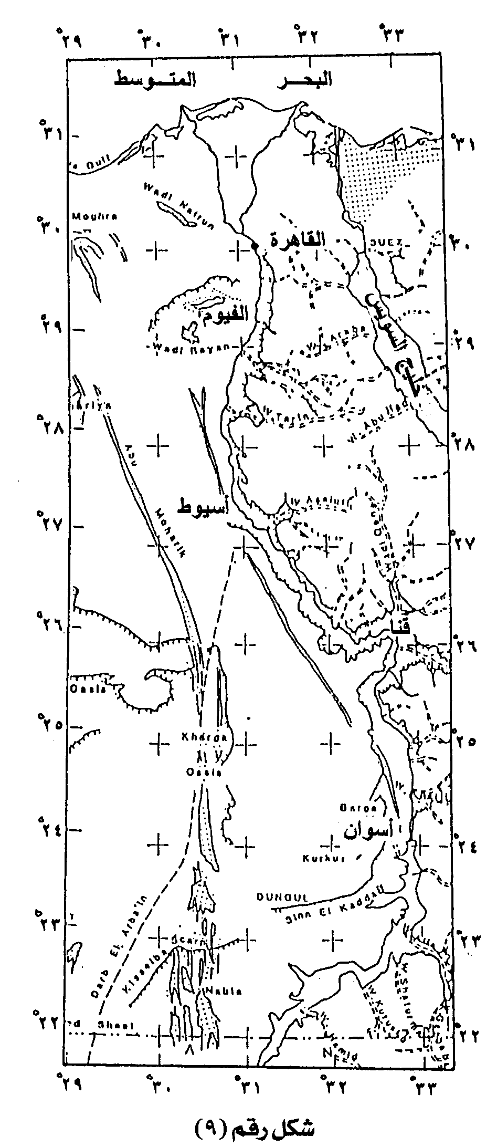
تقع مصر فى الركن الشمالي الشرقي من إفريقيا ، والجزء الأكبر منها صحراء نظراً لقلة الأمطار . ونهر النيل هو المصدر الرئيسي لمد مصر بالمياه . ويعتبر نهر النيل ظاهرة جغرافية فريدة أثرت على طبيعة البشر على مدى التاريخ الطويل لمصر .

ويقسم نهر النيل مصر إلى منطقتين جيومورفو لوجيتين هى المنطقة الشرقية للنهر وتتكون من سلسلة من التلال متوسطة الإرتفاع والتى تنحدر نحو مجرى النهر ، أما المنطقة الغربية فهى صحراء ممتدة يوجد بها عدد من المنخفضات الغير متصلة والتى يفصل بعضها عن بعض عدد من التلال والتباب متوسطة الإرتفاع . وقد أثرت ظروف عديدة على المنطقتين الشرقية والغربية على جانبى النهر ، حيث لا يعتبر النهر فى كل الأماكن هو الحدود الطبيعية بين المنطقتين . وعلى الرغم من أن منطقة شرق وادى النيل تشكل وحدة جيومورفولوجية واحدة إلا أنها تنقسم جغرافياً إلى الصحراء الشرقية وشبة جزيرة سيناء التى يفصلهما خليج السويس . لذا تقسم مصر جغرافياً إلى أربعة مناطق هى :

- وادى النيل والدلتا ،
- الصحراء الغربية ،
- الصحراء الشرقية ،
- شبة جزيرة سيناء .

وادى النيل والدلتا : يبلغ طول وادى النيل والدلتا من وصول نهر النيل إلى حدود مصر عند وادى حلفا وحتى البحر المتوسط حوالى ١٣٥٠ كيلو متر بطول النهر (شكل رقم ٩) .





شكل رقم (٩)

المظاهر الطبوغرافية لوادى النيل والدلتا (عن سعيد ١٩٩٠)



فعند وصول نهر النيل إلى مصر عند وادى حلفا يجرى إلى أسوان بانحدار متوسط قدره متر واحد لكل ٧ كيلومترات . وقد كان مجرى نهر النيل القديم محاطاً بتلال من الحجر الرملي على الجانب الغربي ومن الجرانيت على الجانب الشرقي لنهر النيل . ويجرى نهر النيل بين أسوان وقنا بانحدار طبيعي متوسط قدره متر واحد لكل ١٥ كيلو مترا ومن قنا إلى بنى سويف بانحدار متوسط قدره متر واحد لكل ١١ كيلو مترا . ويقطع النهر مجراه من الجنوب إلى الشمال فى رواسبه التى بناها بنفسه وتكونت عاماً تلو عام فى واديه . ويضيق النهر فى شمال أسوان ويوجد على جانبية مسطحات صغيرة من الأراضى الخصبة التى تمتد من النهر وحتى التلال الغربية والشرقية من النهر والتى تحد جانبيه ، وتزداد هذه المناطق إتساعاً وبالتدريج كلما إتجه النهر إلى الشمال . وبالقرب من إسنا تتغير صخور الحجر الرملي المشكلة للمنحدر المطل على النيل إلى صخور الحجر الجيرى ، وعند قنا ينحنى النيل إنحناءاً شديداً ويقترب من منحدرات الحجر الجيرى التى يصل إرتفاعها إلى حوالي ٣٠٠ كيلو متر . أما بالقرب من أسيوط تصبح المنحدرات الغربية لوادى النيل أقل إرتفاعاً من المنحدرات الشرقية وتتجه شمالاً بطول ٤٠٠ كيلو مترا حتى القاهرة عندما ينفتح الوادى إلى الدلتا . وعلى طول مجرى النهر يميل النيل إلى الجانب الشرقى للوادى وتصبح الأرض الخصبة أكثر إتساعاً للغرب من النهر عنها فى الشرق . وفى بعض المناطق يعمل نهر النيل على نحر المنحدرات الشرقية .

بعد عبور القاهرة ينحدر نهر النيل إلى الشمال الغربى لمسافة ٢٠٠ كيلومتر ويتفرع بعدها إلى فرعى دمياط ورشيد اللذان يشقان دلتا النهر وينحدران شمالاً إلى البحر المتوسط. ويبلغ طول الفرع الغربى حوالى ٢٣٩ كيلومتر حتى رشيد ، أما الفرع الشرقى فهو أطول بحوالى ستة كيلو مترات وينتهى عن دمياط .

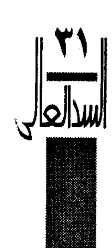


ويغطى سطح وادى النيل والدلتا رواسب من الطمى التى حملها النهر كل عام ورسبها على جنبات النهر وفى الدلتا . ويختلف سمك رواسب نهر النيل من مكان إلى آخر ، حيث يتراوح سمك طمي النيل حوالي سبعة أمتار في المنطقة ما بين أسوان وقنا ، ومن ١٥-٢٠ متر اً فى شمال الدلتا .

وتتكون دلتا نهر النيل من نواه من الرمال والحصى التى تغطيها طبقة رقيقة من طمى النيل الحديث ترسبت خلال السبعة آلاف سنة الأخيرة وقت الفيضان الذى كان يغمر الأراضى ويترك ما يحمله من رواسب فوق سطح الدلتا التى كان النهر يتفرع منها إلى فروع كثيرة كانت تحد كل منها ضفاف منخفضه تسمح للمياه بغمر الأرض التى كان البعض منها يظل غارقاً طوال العام مكونا مستنقعاً دائماً .

وكانت فروع الدلتا أكثر عدداً خلال معظم فترات التاريخ ، وتظهر الخرائط والمخطوطات القريبة العهد سبعة فروع للنيل (شكل رقم ١٠) ، طمس منها خمسة ، ولم يبق منها فى العصر الحاضر إلا إثنان هما فرعى رشيد ودمياط . وتاريخ دلتا نهر النيل أكثر تعقيداً ، حيث أن الدلتا الحديثة التى نعرفها اليوم ليست إلا واحدة من دلتاوات عديدة تعاقبت على شمال مصر ، حيث بلغت مساحة دلتا نهر النيل فى العصور الجيولوجية القديمة أضعاف مساحة الدلتا الحالية (شكل رقم ١١) .

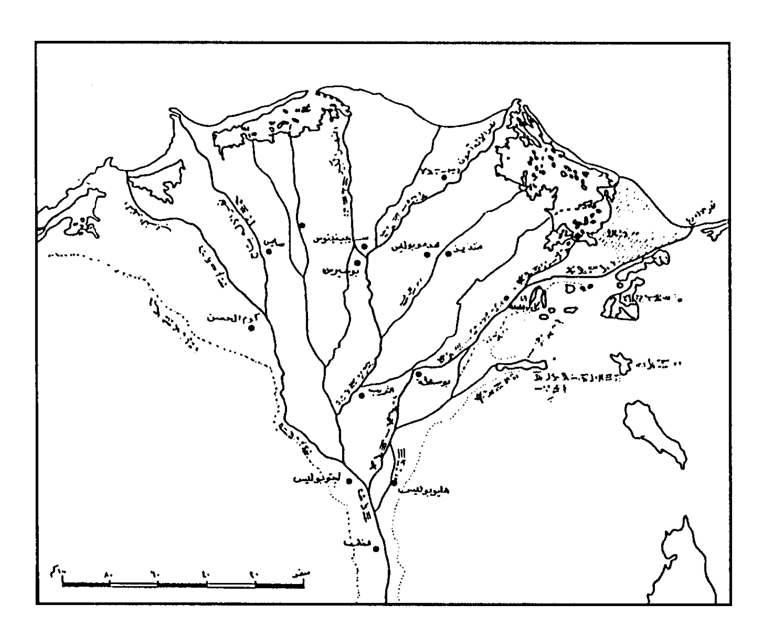
ويرتبط منخفض الفيوم (شكل رقم ٩) إرتباط وثيقاً بنهر النيل ، حيث يقع المنخفض على مسافة غير بعيدة إلى الغرب من وادى النيل ويتصل المنخفض مع النهر من خلال وادى ضيق (مجرى الهوارة) تحده تلال الصحراء الغربية القريبة من وادى النيل . وتقع أقل المناطق إنخفاضاً فى منطقة بركة قارون (حوالى ٤٥ متراً تحت مستوى سطح البحر) ، وتبلغ مساحتها حوالي ٢٠٠ كم٢ أما مساحة المنخفض كاملة فتبلغ حوالى



٧٠٠, ١كم٢ والمنخـفض غني بالتـربة الطينيـة الخـصبـة ، ولا يزيد سـمك الرواسب النيلية التى ترسو فوق قاع المنخفض عن ثمانية أمتار .

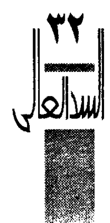
منطقـة بحيـرة ناصـر : تتشكل منطقـة بحيـرة ناصـر من أربعـة وحدات جيومورفولوجية (شكل رقم ٣) هى :

- مرتفعات أسوان ،
- الوادى القديم لنهر النيل وبحيرة ناصر ،
- المسطح النوبي ،
- هضبة سن الكداب .



شكل رقم (١٠)

الفروع القديمة لدلتا نهر النيل (عن سعيد ١٩٩٠)





شكل رقم (١١)

صـــورة فضـــائية لـــوادى النيـــل والدلتا

(عن هيئة الاستشعار من البعد وعلوم الفضاء)

وتمتد مرتفعات أسوان من مدينة أسوان شمالا إلى الجنوب عبر الشاطئ الشرقي للبحيرة وتتميز بصعوبة طبوغرافيتها وظهور صخور القاعدة الجرانيتيه فى بعض المناطق الملاصقة للبحيرة . ويوجد العديد من الوديان والأخوار المملوءة بمياه البحيرة أطولها خور وادي العلاقي (شكل رقم ٣) .

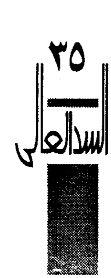
ويقع مجرى وادى النيل القديم وبحيرة ناصر على الجانب الغربي لمرتفعات أسوان . ومجرى نهر النيل القديم كان يميزه الضيق الشديد لمجراه وإنحداره تجاه تكوينات الصخور النوبية فى الغرب . وتغطى بحيرة ناصر حالياً كافة الأراضي المنخفضة غرب مجري نهر النيل القديم ، وتملأ مياه البحيرة الأخوار الموجودة بالمنطقة ومنها خور كلابشة ، أكبر الأخوار وأكثرها إتساعاً .

ويغطى المسطح النوبي المنطقة الغربية من بحيرة ناصر، ويتميز المسطح النوبي بطبوغرافيتة البسيطة، ويصل أقصى إرتفاع بمنطقة المسطح حوالي ٢٠٠ مترا فوق مستوى سطح البحر . ويتخلل المسطح النوبي وجود تلال من الحجر الرملي الصلب وتلال من الحجر الجيرى . ويوجد بمنطقة المسطح النوبى العديد من الوديان التى تأخذ الإتجاه شرق - غرب والتى يغمر بعضها مياه البحيرة مكونا الأخوار المتصلة بالبحيرة ومنها وادى كركر- وادى السيال - وادى كلابشة ... الخ . أما هضبة سن الكداب فتتكون من إمتداد عظيم من الحجر الجيري ، وتمتد الهضبة إلى الشمال الشرقي ثم الشمال الغربي حتى إدفو شمالاً . وتنحدر الهضبة جنوب أسوان فى إتجاة المسطح النوبي.

تأثرت مصر خلال العصور الجيولوجية المتعاقبة بطغيان البحر المتوسط ، حيث وصل طغيان البحر إلى إدفو ثم إلى الجنوب من أسوان (حتى خط عرض ٥٢٣ شمالاً) فى عصر الميوسين . وبحلول عصر البليوسين طغى البحر المتوسط على الأراضي المصرية ووصل البحر إلى خانق نهر النيل الذى كان قد عمق مجراه عندما إنخفض منسوب البحر المتوسط بعد عصر الأيوسين . وقد أدى دخول البحر إلى خانق نهر النيل إلى تحويله إلى خليج بحري طويل إمتد حتى أسوان ، كما أغرق مساحات كبيرة فى شمال مصر (شكل رقم ١٢) . وقد ترك هذا الخليج رواسب حددت بشكل واضح إمتداد هذا الخليج الذى غمر بدوره الوديان حتى وصل عرضه فى بعض المناطق إلى أكثر من ٣٠ كيلومترا . وقد وجدت هذه الرواسب إلى الجنوب من أسوان عند موقع السد العالي وعلى عمق ١٧٠ متراً من السطح ، تعلو صخور الأساس الجرانيتيه، وتوجد بهذه الرواسب حفرية لحيوانات قديمه لا تنتمي إلى مجموعة حيوانات المياه العذبة.

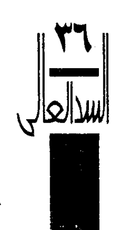
وقد عاد النهر فى بعض الفترات القصيرة من عصر البليستوسين إلى إحتلال مجراه مكتسحا جلاميد الصوان والرمال الخشنة من السطوح العارية لصحارى مصر ملقياً بها على جانبي النهر على شكل مصاطب . ويوضح (الشكل رقم١٣) مجرى نهر النيل فيما بين أسوان وإدفو والتكاوين الجيولوجية على جانبي النهر ، حيث يجرى النهر بين صخور الجرانيت شرقاً والحجر الرملى النوبي غرباً ويمر بضيقات العقبة الصغرى والعقبة الكبرى وجبل السلسلة ودرب الجلابة المغطى بالجلاميد والحصباء.

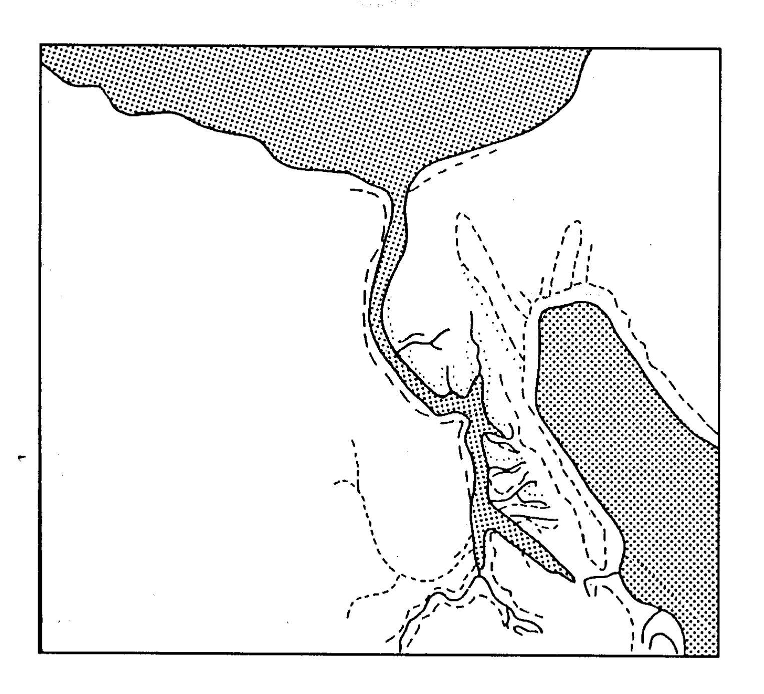
ولا يمكن فصل التاريخ التركيبي (التكتوني) لمصر عبر العصور الجيولوجية المختلفة عن التاريخ التكتوني للمناطق المحيطة بها ، حيث تقع



مصر فى شمال شرق الصفحة الإفريقية ويحدها من الشمال الصفحة الأوروآسيويه ومن الشرق الصفحة العربية . وتلتقى الصفحة الإفريقية والصفحة الأوروآسيوية فى منطقتى تصادم (الحزام الهيليني والحزام القبرصي بشرق البحر بالمتوسط) . حيث يمتد الحزام الهيليني والحزام القبرصي شرقا إلى صفحة الأناضول ويحدها عن الصفحة العربية صدع شرق الأناضول الذى يمتد إلى جبال زاجروس فى إتجاه الجنوب الشرقي محدثاً التقاء الصفحة العربية والصفحة الأوروآسيوية . ويحد الصفحة العربية عن الصفحة الإفريقية أخدود البحر الأحمر الذى يمتد شمالاً إلى خليج العقبة وصدع البحر الميت الذى يلتقى شمالاً مع صدع شرق الأناضول وجنوباً مع منطقة الصدع الإفريقي العظيم (شكل رقم ١٤) . وقد تأثرت مصر خلال العصور الجيولوجية بالحركات التكتونية التالية ، التى أثرت منفردة ومجتمعة على التراكيب الجيولوجية السطحية وتحت السطحية لمصر ، وهى:

- الحركات التكتونية المؤثرة داخل القارة الإفريقية والتى إمتد تأثيرها إلى شمال شرق إفريقيا ومنطقة الأخدود الإفريقي العظيم فى شرق إفريقيا،
- حركة الإنفتاح والتباعد فيما بين الصفحة الإفريقية والصفحة العربية وتكون أخدود البحر الأحمر وخليج السويس ،
- الحركة التكتونية التى أثرت على البحر المتوسط وصاحبها حركات التباعد والتصادم بين اللوح الإفريقى واللوح الأوروآسيوى.
- الحركة الإزاحية لصدع البحر الميت وإمتداده إلى خليج العقبة وتأثرهما بحركة الصفحة العربية وصدع شرق الأناضول شمالاً .

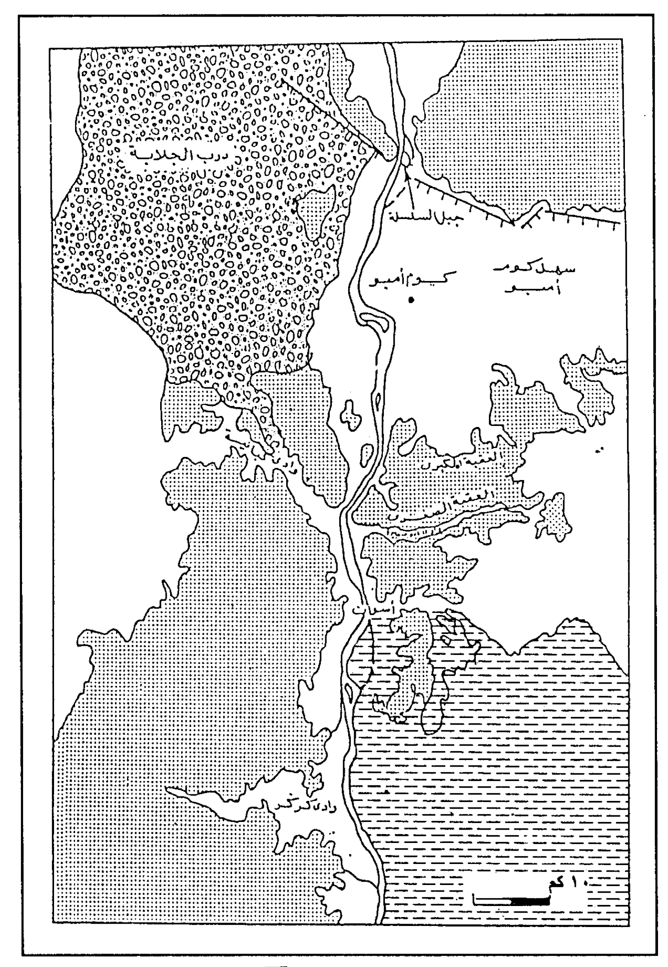




شكل رقم (١٢)

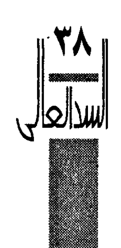
الخليج البحرى الذى غمر مجرى نهر النيل خلال عصر البليوسين المبكر (٥,٤ مليون سنه) (عن سعيد ١٩٩٠)

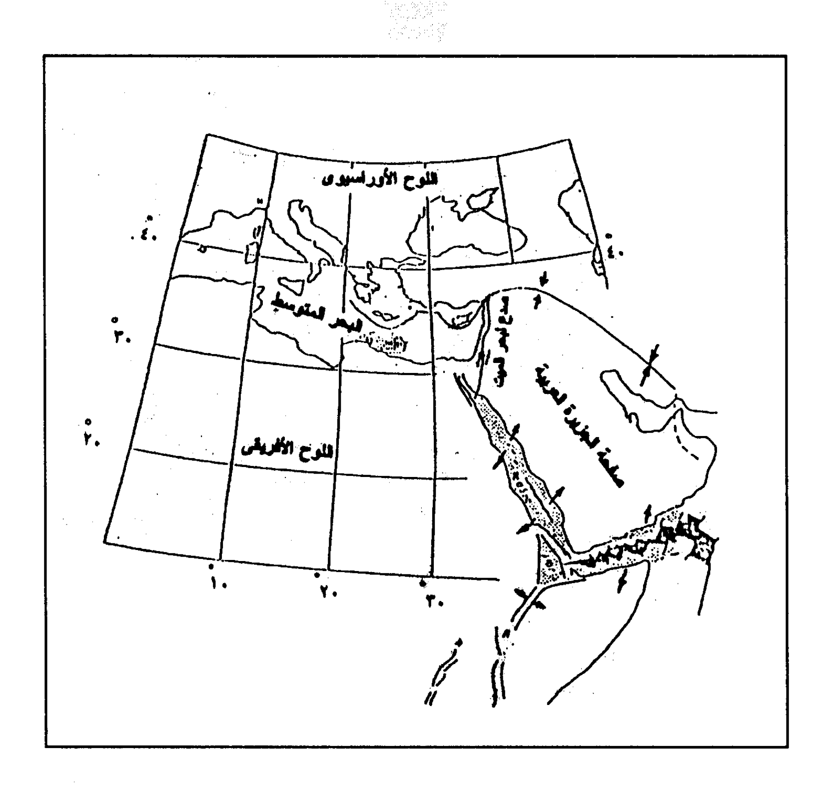




شكل رقم (١٣)

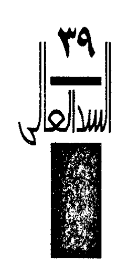
مجرى نهر النيل بين أسوان وكوم أمبو(عن سعيد ١٩٩٠)





شكل رقم (١٤)

الصفحات التكتونية المشكلة لمنطقة شرق البحر المتوسط



وقد أدت هذه الحركات التكتونية إلى تكون الصدوع والفوالق والطيات والمنخفضات بالمناطق المختلفة من مصر . ويوضح الشكل رقم (١٥) الصدوع والفوالق التى أثرت على الوحدات الصخرية المختلفة على إمتداد وادى النيل .

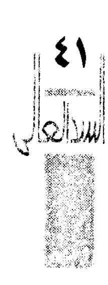
وتتميز منطقة بحيرة ناصر بوجود عدد من التراكيب الجيولوجية السائدة والثانوية متمثلة فى الصدوع والفوالق والطيات ، حيث تأخذ التراكيب السائدة الإتجاه شرق - غرب وشمال - جنوب . أما التراكيب الثانوية فتأخذ الإتجاهات شمال شرق - جنوب غرب وشمال غرب - جنوب شرق . وتتركز معظم التراكيب الجيولوجية السائدة فى منطقة المسطح النوبى غرب بحيرة ناصر. وقد تأثرت منطقة شمال بحيرة ناصر بعدد من التراكيب الجيولوجية المتميزة من أهمها الصدوع التى تأخذ الإتجاه شرق - غرب والمؤثرة على صخور الحجر الرملي النوبي بالمسطح النوبي ومنها فالقي كلابشة والسيال ، والصدوع التى تأخذ الإتجاه شمال - جنوب ومنها صدوع كركر - خور الرمل - غزاله - برقه - أبو دررة (شكل رقم ١٦) .

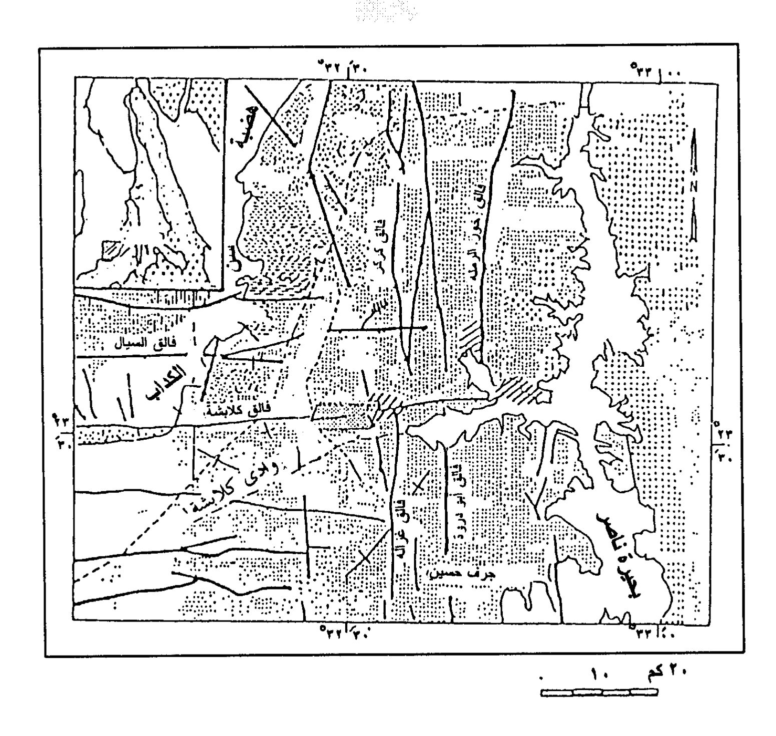
ويعتبر صدع كلابشة (شرق - غرب) هو المصدر الرئيسي لزلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ . ويقع الصدع جنوب غرب السد العالي ، ويمتد من منطقة خور كلابشة شرقاً إلى الغرب قاطعاً هضبة سن الكداب (شكل رقم ١٦) . وقد أظهرت الدراسات الجيولوجية والزلزالية ودراسات تحركات القشرة الأرضية أن صدع كلابشة من الفوالق العادية فى أغلب أجزائة والمنقلبة فى أجزاء أخرى منه ، كما يحدث على الصدع إزاحة أفقية .



شكل رقم (١٥)

الصدوع والفوالق المؤثرة على وادى النيل والدلتا





شكل رقم (١٦)

التراكيب الجيولوجية بمنطقة شمال بحيرة ناصر



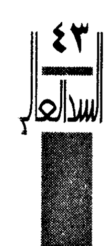
التاريخ الزلزالي لجنوب مصر

لتفهم طبيعة النشاط الزلزالي الحديث بمنطقة شمال بحيرة ناصر ومدى تأثيره على المنطقة ، يلزمنا أن ندرس أولاً التاريخ الزلزالي لجنوب مصر شاملاً الزلازل التاريخية والزلازل المسجلة خلال القرن العشرين ، وذلك قبل البدء فى الدراسة التفصيلية للنشاط الزلزالي الحديث بعد تكون بحيرة ناصر . ويوضح سجل الزلازل التاريخية التى أثرت على جنوب مصر (جدول رقم ٢) حدوث عدد من الزلازل التاريخية ، كما يوضح (الجدول رقم ٣) سجل الزلازل المسجلة والملموسة التى أثرت على جنوب مصر خلال القرن العشرين .

جدول رقم (٢)

الزلازل التاريخية التى أثرت على جنوب مصر

العام	المناطق المتأثرة	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٢٩٠ قبل الميلاد	أبو سمبل	٦	حدوث تشقق فى جدران معبد أبو سمبل (رمسيس الثاني).
٦٠٠ قبل الميلاد	الأقصر	٥	حدوث تهدم بالقلاع والمعابد.
٢٧ قبل الميلاد	الأقصر	٦	زلزال كارثي هدم معظم القري حول الأقصر ، وسقوط تمثال ممنون .
٩٦٧ ميلادية	جنوب مصر	٥	زلزال قوى دمر أجزاء من معبد الكرنك بالأقصر.
٩٩٧ ميلادية	جنوب مصر	٥	زلزال أثر على جنوب مصر، وهز جنوب مصر حتى رجفت أرجاؤه.



تابع جدول رقم (٢)

العام	المناطق المتأثرة	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١٧٧٨ ميلادية	جنوب مصر	٥	شعر به السكان فى طهطا ونجع حمادى.
١٨٥٠ ميلادية	جنوب مصر		زلزال قوى شعر به السكان فى شمال أسيوط وعلى إمتداد وادى النيل . حدوث تشققات أرضية.

جدول رقم (٣)

الزلازل المتوسطة والقوية التى أثرت على جنوب مصر

خلال القرن العشرين وتم تسجيلها بأجهزة رصد وتسجيل الزلازل

التاريخ	مركز الزلزال	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلازل
١٩٥٥/١١/١٦م	أبودباب (ساحل البحر الأحمر)	٥.٥	شعر به سكان وادى النيل من القاهرة حتى أسوان ، ولم تحدث خسائر.
١٩٦٩/٣/٣١م	جزيرة شدوان	٦,٣	زلزال قوى ضرب جزيرة شدوان شمال البحر الأحمر وجنوب خليج السويس. شعر بالزلزال سكان وادى النيل والقاهرة والدلتا.
١٩٧٨/٨/٨م	الجلف الكبير (جنوب غرب مصر)	٥,٩	يعد أكبر زلزال تم تسجيله فى جنوب غرب الصحراء المصرية. ولم يشعر به أحد لوقوعه فى منطقة صحراوية .



تابع جدول (٣)

وصف الأثار التدميرية للزلازل	قوة الزلزال	مركز الزلزال	التاريخ
زلزال متوسط شعر به سكان أسوان حتى أسيوط شمالاً . أحدث ذعراً فى منطقة أسوان. نتج عن الزلزال شقوق كبيرة فى صخور الضفة الغربية لبحيرة ناصر وإنزلاقات أرضية فى صخور الضفة الشرقية للبحيرة .	٥,٣	كلابشة (جنوب أسوان)	١٤/١١/١٩٨١م
زلزال متوسط هز مدن أسوان وقنا والقصير.	٥,١	أبو دباب (ساحل البحر الأحمر)	٢//٧/١٩٨٤م

وتوضح بيانات الزلازل بالجداول أرقام (٢) ، (٣) أن مناطق جنوب مصر ليست مناطق نشاط زلزالي مرتفع وتكراريتها قليلة ، مما يساعد فى إستنتاج إرتباط النشاط الزلزالي بمنطقة بحيرة ناصر بالعوامل الطبيعية والجيولوجية والتكتونية لمنطقة البحيرة بعد تكونها.



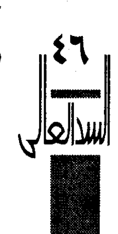
الدراسات والبحوث التى أجريت
على منطقة شمال بحيرة ناصر بعد زلزال نوفمبر ١٩٨١

بعد سبعه عشر عاماً من بدء التخزين فى بحيرة ناصر ، وبعد عامين من وصول منسوب المياه فى البحيرة لأعلى قيمة له (١٧٧,٤٨ متراً) فى نوفمبر ١٩٧٨ ، وبعد أسبوع واحد من بدء تناقص منسوب المياه فى البحيرة والذى كان قد وصل إلى منسوب ١٧٧,٣ متر فى نوفمبر ١٩٨١ ، ضرب زلزال بلغت قوته ٥,٣ درجة على مقياس ريختر منطقة شمال بحيرة ناصر (منطقة كلابشة) . وقد سبق حدوث الزلزال الرئيسي عدد محدود من الزلازل الصغيرة وتبعه الآلاف من الزلازل متباينة القوة والتى تراوحت ما بين درجة واحده وخمسة درجات على مقياس ريختر .

وقد تسبب الزلزال فى إحداث هزات أرضية قويه بمنطقة أسوان ، شعر بقوتها سكان مدينة أسوان وما حولها من قرى مركز أسوان وأدت إلى إندفاع السكان على أثرها خارج منازلهم ومكاتبهم ومدارسهم بصورة عشوائية وسريعة ، حيث كانت هى المرة الأولى التى يشعرون فيها بزلزال فى هذه المنطقة فى القرن العشرين.

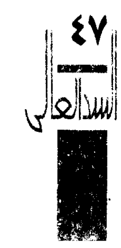
وقد أحدث الزلزال تشققات كبيرة فى صخور ضفتى بحيرة ناصر ، تركز أغلبها حول جبل مراوة غرب خور كلابشة ، كما تسبب الزلزال فى وقوع بعض الإنهيارات الصخرية فى بعض التلال العالية على الضفة الشرقية لبحيرة ناصر .

ونظراً لأهمية السد العالي ومنشآته الحيوية لإقتصاد مصر القومي ، حظيت منطقة شمال بحيرة ناصر بإجراء العديد من المشروعات والدراسات والبحوث التى لم تحظى بها أى منطقة أخرى فى مصر ، بهدف

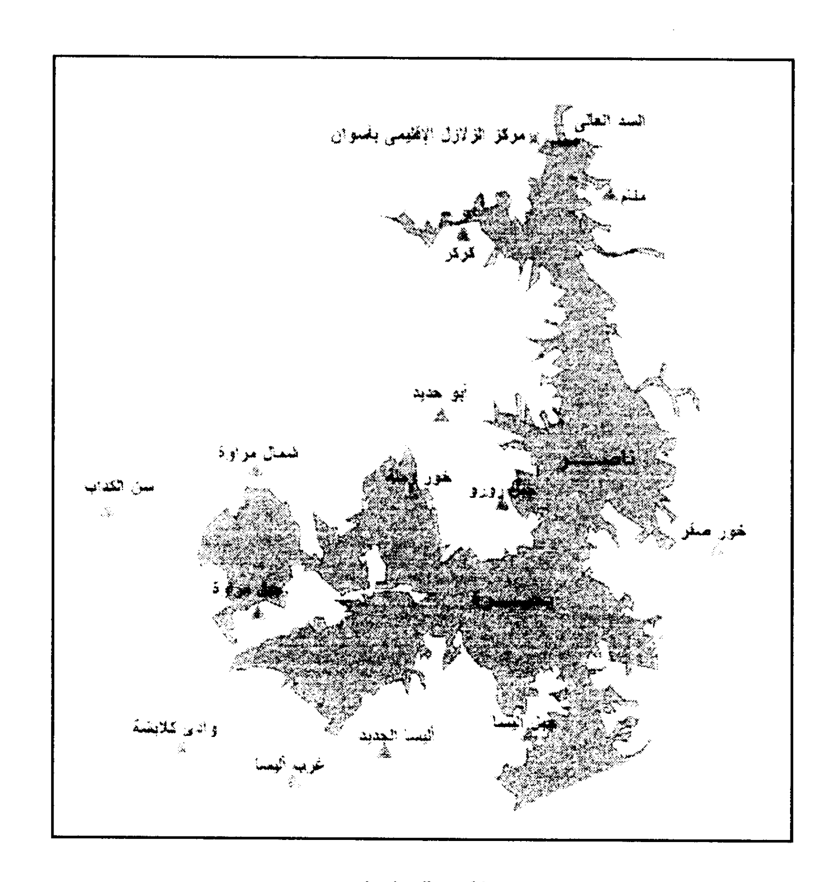


التعرف على طبيعة المنطقة للعمل على التقليل من مخاطر الزلازل وتحركات القشرة الأرضية المصاحبة لها على جسم السد العالي ومنشآته الحيوية . وقد شملت المشروعات والدراسات والبحوث التى أجريت على منطقة شمال بحيرة ناصر ومنطقة وجسم السد العالى ما يلى :

(١) إنشاء شبكة تليمترية لرصد وتسجيل الزلازل : إثر حدوث زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ بمنطقة كلابشة جنوب أسوان قام المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية بالتعاون مع الهيئة العامة للسد العالي وخزان أسوان بإنشاء شبكة تليمترية لرصد وتسجيل النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر . وتتكون الشبكة من ثلاث عشرة محطة زلازل حقلية موزعة حول منطقة شمال بحيرة ناصر (شكل رقم ١٧) . وهذه المحطات لها من الحساسية الفائقة ما يمكنها من تسجيل هزات أرضية متناهية الصغر . وتدار المحطات الحقلية لرصد الزلازل بالطاقة الشمسية ، وترسل بياناتها بواسطة موجات الراديو إلى مركز الزلازل الإقليمى بأسوان (مدينة صحاري) . وقد تم تجهيز المركز بأجهزة لإستقبال بيانات الزلازل من المحطات الحقلية ، وأجهزة تسجيل مرئية (موجيه) وأجهزة تسجيل رقمية تسمح بالمراقبة المستمرة للنشاط الزلزالى المحلي بمنطقة بحيرة ناصر والنشاط الزلزالى الإقليمى جنوب مصر على مدي ٢٤ ساعة يومياً . كما تم تجهيز المركز بأجهزة لتحليل بيانات الزلازل وتحديد مواقعها وتقدير قوتها ودراسة علاقتها مع التغير فى منسوب المياه ببحيرة ناصر والمتغيرات الطبيعية بالمنطقة ، ودراسة ميكانيكة حركة الصدوع والفوالق النشطة بالمنطقة والتى يحدث عليها النشاط الزلزالي . كما يوجد لدى المركز عدد من محطات الزلازل المحمولة



لمتابعة أى نشاط زلزالي غير عادى فى موقعه وإجراء الدراسات التفصيلية لمناطق النشاط الزلزالي.



شكل رقم (١٧)

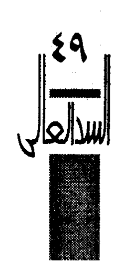
شبكة مراقبة النشاط الزلزالى حول الجزء الشمالى

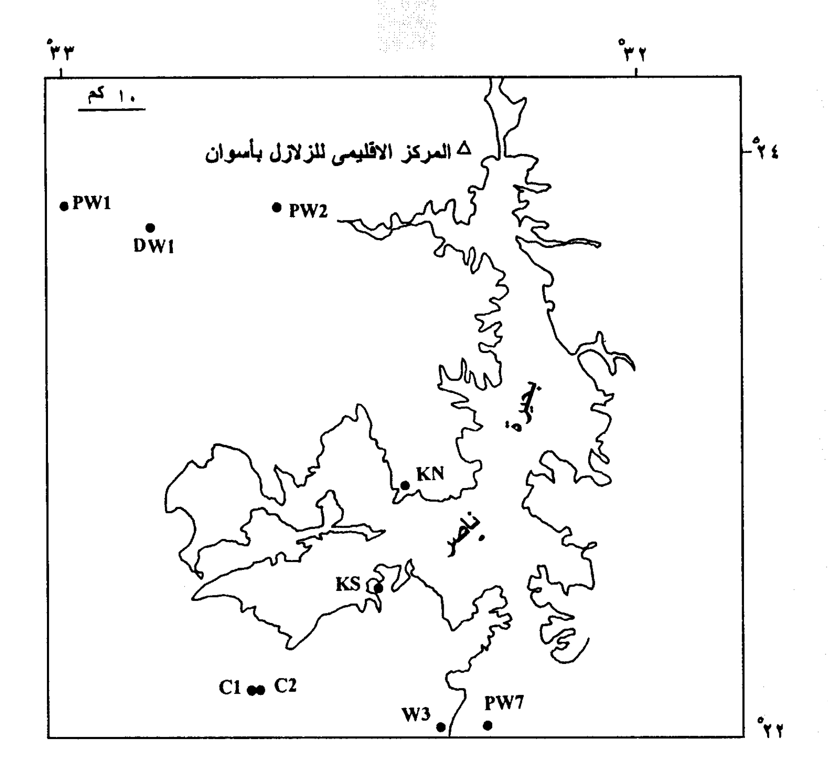
لبحيرة ناصر - أسوان

(٢) إنشاء شبكة بيزومترات لمراقبة التغير فى منسوب المياه الجوفية ودرجة حرارتها: أنشأ المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية بالتعاون أيضاً مع الهيئة العامة للسد العالي وخزان أسوان عددا من البيزومترات على آبار المياه الجوفية الموجودة بمنطقة شمال بحيرة ناصر (شكل رقم ١٨) لمراقبة التغير فى منسوب المياه الجوفية بالمنطقة والتغير فى درجة حرارتها ، ودراسة علاقة هذه المتغيرات الطبيعية بالنشاط الزلزالي الذى يحدث بالمنطقة .

وتدار شبكة البيزومترات الحقلية بالطاقة الشمسية ، وترسل بياناتها الفورية على مدى ٢٤ ساعة يومياً إلى مركز الزلازل الإقليمي بأسوان (مدينة صحاري) ، ويجري التحليل الفورى لبياناتها ومضاهاتها بمعدل النشاط الزلزالى بالمنطقة والتغير فى منسوب المياه ببحيرة ناصر .

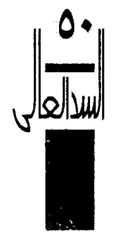
(٣) تثبيت أجهزة قياس عجلة موجات الزلازل : تم أيضاً بالتعاون بين المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية والهيئة العامة للسد العالي وخزان أسوان تثبيت عدد من أجهزة قياس عجلة موجات الزلازل على جسم السد العالي وجسم خزان أسوان وعدد من المناطق المحيطة بهما ، وذلك لدراسة مدى تأثير موجات الزلازل على جسم السد العالي وجسم خزان أسوان ومقارنتها بتأثير هذه الموجات على المناطق المختلفة المحيطة بهما . حيث تعتبر دراسة تأثير موجات الزلازل على المنشآت ذو أهمية كبيرة فى التعرف على طبيعة المنطقة المقام عليها هذه المنشآت للعمل على التقليل من مخاطر الزلازل عليها .

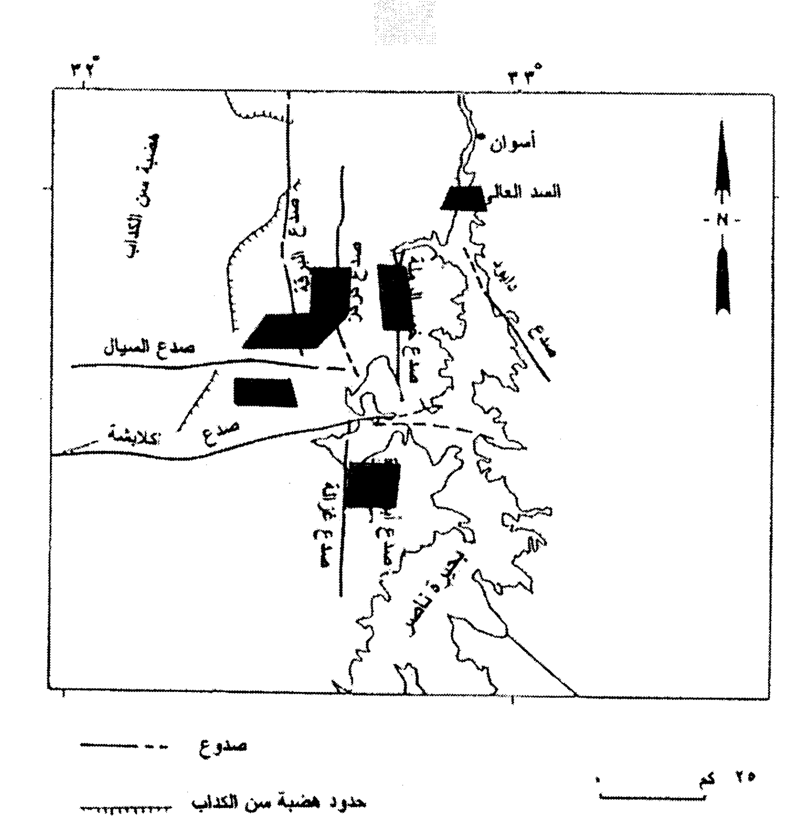




شكل رقم (١٨)

شبكة مراقبة التغير فى منسوب المياه الجوفية
بمنطقة شمال بحيرة ناصر





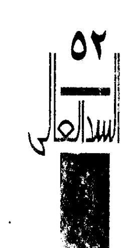
شكل رقم (١٩)

الشبكات الجيوديسية المحلية بمنطقة شمال بحيرة ناصر



(٤) إنشاء شبكات جيوديسية محلية وإقليمية لمراقبة تحركات القشرة الأرضية المصاحبة لحدوث الزلازل : يعتبر مراقبة تحركات القشرة الأرضية الأفقية والرأسية المصاحبة لحدوث الزلازل ودراسة مدى تأثيرها على المنشآت الحيوية والمباني ذو أهمية كبيرة فى العمل على التقليل من مخاطر الزلازل على هذة المنشآت. لذا قام المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية بالتعاون مع الهيئة العامة للسد العالي وخزان أسوان بتنفيذ برنامج مكثف لمراقبة تحركات القشرة الأرضية بمنطقة شمال بحيرة ناصر . وقد تضمن هذا البرنامج ما يلى:

- إنشاء عدد من الشبكات الجيوديسية المحلية (شكل رقم ١٩) حول أجزاء من الفوالق النشطة بمنطقة شمال بحيرة ناصر (كلابشة – السيال – كركر– خور الرمل) ، وإجراء القياسات الجيوديسية الأرضية والفضائية عليها لمراقبة التحركات الأفقية.
- إنشاء شبكة جيوديسية محلية حول جسم السد العالي (شكل رقم ٢٠) وإجراء القياسات الجيوديسية الفضائية عليها لمراقبة التحركات الأفقية .
- إنشاء عدد من خطوط الميزانية المحلية داخل الشبكات الجيوديسية المحلية وإجراء القياسات الجيوديسية الأرضية عليها لمراقبة التحركات الرأسية .
- إنشاء خط ميزانية إقليمي يمر بمناطق الفوالق النشطة وجسم السد العالي وإجراء القياسات الجيوديسية الأرضية عليها لمراقبة التحركات الرأسية .



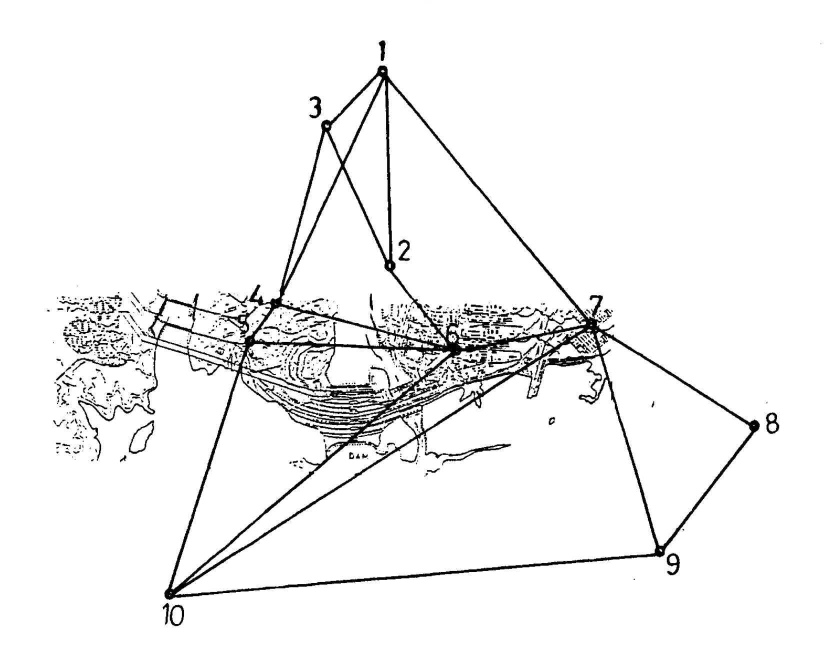
- إنشاء شبكة جيوديسية إقليمية حول منطقة شمال بحيرة ناصر (شكل رقم ٢١) وإجراء القياسات الجيوديسية الفضائية عليها لمراقبة التحركات الأفقية .

ويتم إجراء القياسات الجيوديسية بصفة دورية ومتكرره لمراقبة التحركات الأفقية والرأسية المصاحبة للنشاط الزلزالى ، وتحليل بياناتها لحساب معدلات التحركات الأفقية والرأسية بالمنطقة ومضاهاتها بالمتغيرات الطبيعية بالمنطقة خاصة منها معدل النشاط الزلزالي ، والتغير فى مستوى المياه ببحيرة ناصر، والتغير فى مستوى المياه الجوفية بالمنطقة ودرجة حرارتها ، ودراسة ميكانيكية الحركة على أسطح الصدوع والفوالق النشطة ومقارنتها مع ميكانيكية حركة الصدوع والفوالق المستنتجة من تحليل بيانات النشاط الزلزالي.

(٥) دراسة التراكيب الجيولوجية السطحية وتحت السطحية بالمنطقة :

إستخدمت الطرق الجيوفيزيقية (التثاقلية الأرضية - المغناطيسية الأرضية - المسح السيزمى - الكهربية الأرضية) لإجراء قياسات تفصيلية لمنطقة شمال بحيرة ناصر . وقد أوضحت بياناتها وطرق تحليلها التراكيب الجيولوجية السطحية وتحت السطحية بالمنطقة ، والتعرف على إمتداد الصدوع والفوالق وتحديد رمايتها ، وحساب سمك طبقة الرسوبيات بالمنطقة. أيضاً تمت دراسة طبقات القشرة الأرضية وطبيعة الصدوع والفوالق النشطة بالمنطقة. وقد أفادت هذه الدراسات فى دراسة ميكانيكية الحركة على أسطح الصدوع والفوالق المؤثرة على المنطقة .

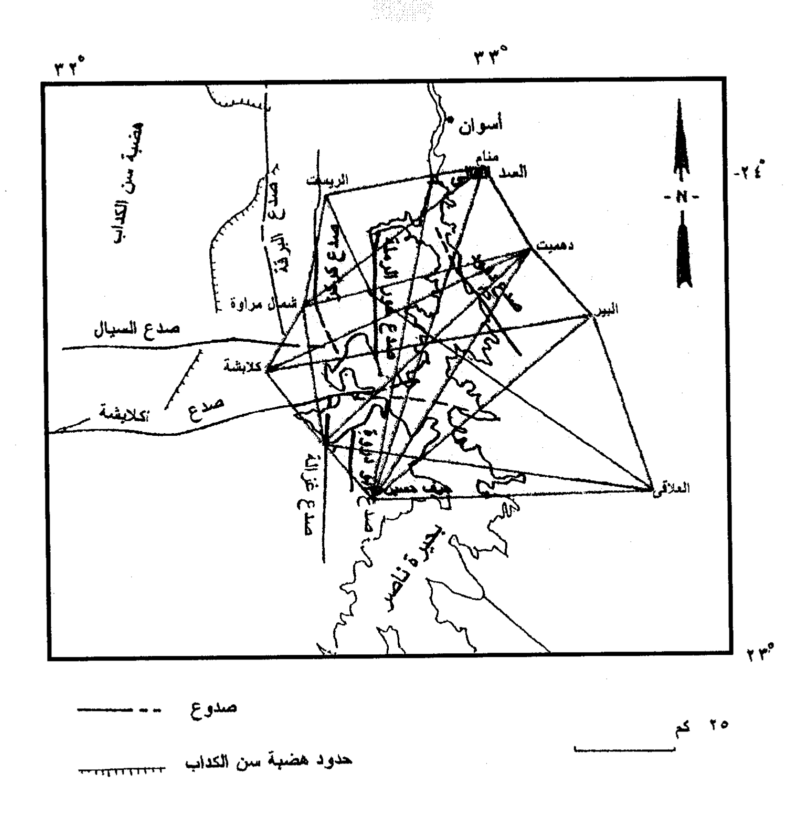




شكل رقم (٢٠)

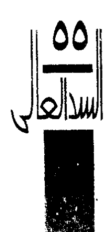
الشبكة الجيوديسية المحلية حول جسم السد العالى





شكل رقم (٢١)

الشبكة الجيوديسية الإقليمية بمنطقة شمال بحيرة ناصر



(٦) **دراسات أخرى** : حظيت منطقة شمال بحيرة ناصر وجسم ومنطقة السد العالي بعدد آخر من الدراسات الهامة شارك فيها المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية والهيئة العامة للسد العالي وخزان أسوان مع أحد المكاتب الإستشارية من الولايات المتحدة الأمريكية ، حيث تم إجراء عدد من الدراسات المتخصصة للتعرف على طبيعة المنطقة وتأثير النشاط الزلزالي على السد العالي. وقد شملت هذه الدراسات على سبيل المثال لا الحصر ما يلى :

- تقييم ثبات السد العالي ومنشآته للزلازل والتشوهات الناجمة عنها.
- تحديد مصدر النشاط الزلزالي بالمنطقة وتقدير قوة الزلازل ومدى تكراريتها .
- دراسة الوضع الهيدروجيولوجي الإقليمي للمنطقة .
- دراسة رد فعل السد العالي الديناميكى للزلازل.
- دراسة مسامية صخور المنطقة والضغوط المؤثرة عليها.
- إعداد نموذج تركيبى للقشرة الأرضية .
- تقدير الطاقة المحتمل تأثيرها على السد العالي.

وسوف نعرض فى الكتيب لبعض أهم النتائج التى تم الحصول عليها من هذه الدراسات وأهمية إستمرار مراقبة النشاط الزلزالى وتحركات القشرة الأرضية بالمنطقة ومضاهاتها بالمتغيرات الطبيعية .



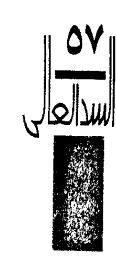
تقييم مخاطر النشاط الزلزالي بمنطقة بحيرة ناصر

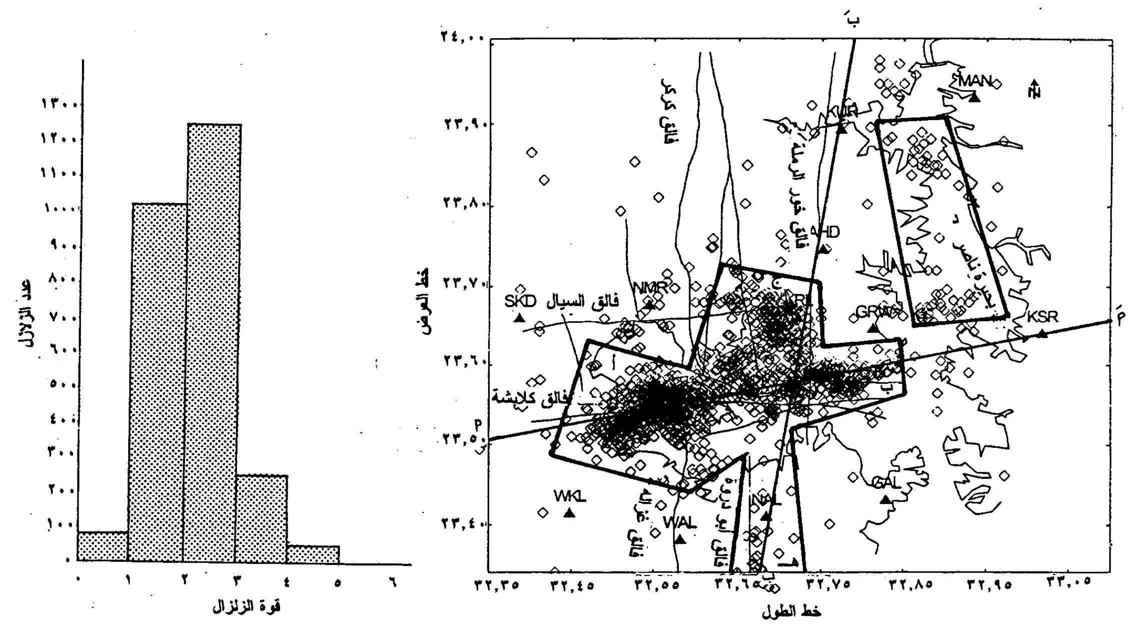
ساعدت الدراسات والبحوث التى أجريت على منطقة شمال بحيرة ناصر على تقييم مخاطر النشاط الزلزالى على المنطقة وعلى جسم السد العالي . وفيما يلى عرض لنتائج هذه الدراسات والبحوث ودورها فى العمل على تقليل مخاطر النشاط الزلزالى بالمنطقة وعلى جسم السد العالي ومنشآته الحيوية .

أولاً : تحديد مصادر النشاط الزلزالي بمنطقة بحيرة ناصر :

تعذر تسجيل النشاط الزلزالي الصغير (أقل من ٢ درجة على مقياس ريختر) اللاحقة لحدوث زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ بمنطقة شمال بحيرة ناصر وحتى إتمام تركيب المحطات الحقلية لشبكة الزلازل التلميترية بالمنطقة وتشغيل أجهزة الإستقبال بالمركز الإقليمى للزلازل فى يوليو ١٩٨٢, كما يرجع ذلك أيضاً إلى نوعيه أجهزة رصد وتسجيل الزلازل الموجودة آنذاك فى محطتي أسوان وأبو سمبل ، ونوعية أجهزة رصد الزلازل المحمولة التى إستخدمت لرصد النشاط الزلزالي بالمنطقة فى الفترة ما بين زلزال نوفمبر ١٩٨١ وإستكمال إنشاء الشبكة التليمترية لمنطقة شمال بحيرة ناصر .

وقد مكنت الشبكة التليمترية لرصد وتسجيل الزلازل بمنطقة شمال بحيرة ناصر من تحديد مصادر النشاط الزلزالى بالمنطقة ودراسة معدلاته والتعرف على طبيعة هذا النشاط. ويوضح (الشكل رقم ٢٢) التوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالي بالمنطقة والعلاقة بين عدد الزلازل المسجلة وقوتها وذلك خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتى نهاية ديسمبر ١٩٩٩, حيث يتبين من العلاقة بين عدد الزلازل المسجلة وقوتها أن غالبية الزلازل المسجلة تتراوح





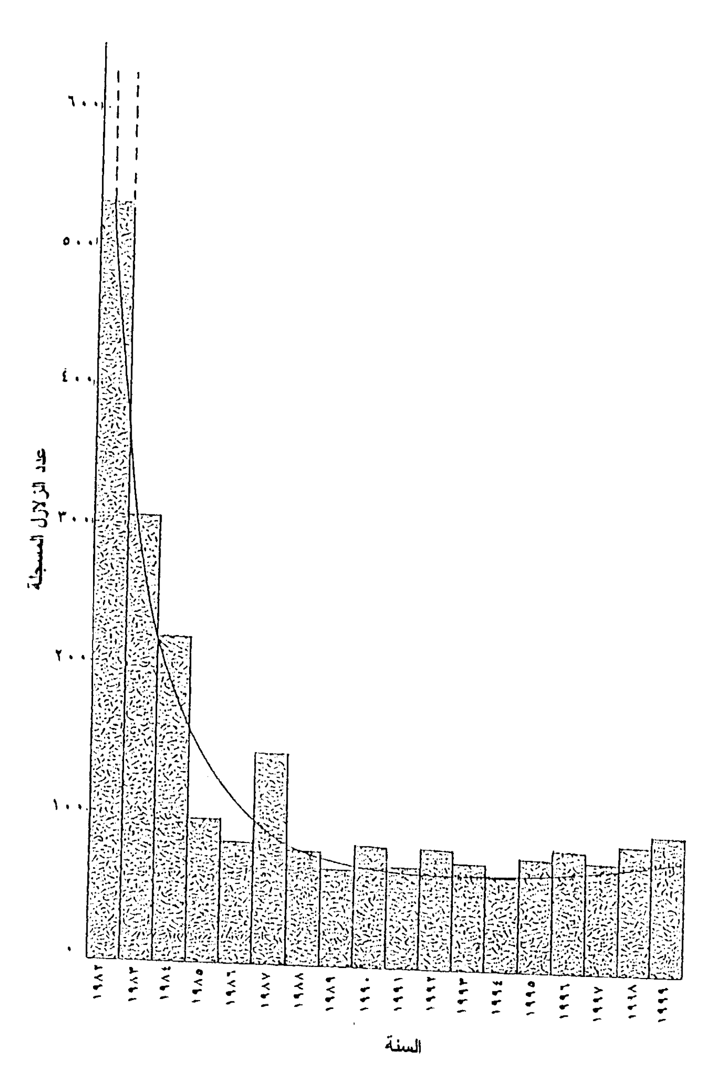
شكل رقم (٢٢) : التوزيع الجغرافي للنشاط ا لزلزالي حول الجزء الشمالي من بحيرة ناصر خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ حتي نهاية ديسمبر ١٩٩٩ والعلاقة بين قوة الزلازل المسجلة وعددها وتوزيع النطاقات الزلزلية بالمنطقة

قوتها فيما بين ١-٣ درجة على مقياس ريختر وأن الزلازل التى تزيد قوتها عن ٣ درجة على مقياس ريختر قليلة العدد والزلازل التي تزيد قوتها عن ٤ درجة على مقياس ريختر محدودة العدد .

وقد تلاحظ من دراسة عدد الزلازل المسجلة خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتى نهاية ديسمبر ١٩٩٩ (شكل رقم ٢٣) أن معدل حدوث الزلازل بالمنطقة (معدل النشاط الزلزالي بالمنطقة) فى تناقص تدريجي ومستمر منذ حدوث زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ وحتى الآن ، حيث يقل عدد الزلازل المسجلة عاماً بعد عام مع انتباين الطفيف فيما بين الزيادة والنقصان فى الأعوام التالية . أما الملاحظة العامة فهى الاضمحلال التدريجى للنشاط الزلزالى وهو ما يتفق مع السلوك العام لجميع البحيرات الصناعية على مستوى العالم والذى سبق الإشارة إليه .

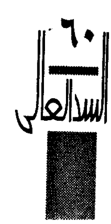
وأوضحت الدراسات والبحوث التى أجريت على طبيعة النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر أن المنطقة تنقسم إلى عدة نطاقات زلزالية كما هو مبين على خريطة التوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالي بالمنطقة خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتى نهاية ديسمبر ,١٩٩٩ حيث تعتبر منطقة خور كلابشة (أكبر الأخوار الموجودة غرب بحيرة ناصر) هى أكثر المناطق نشاطاً (النطاقين أ ، ب) . كما يعتبر الطرف الجنوبي لمنطقة خور الرمله بمنطقة نشاط زلزالي مرتبطة بمنطقة خور كلابشة (النطاق جـ) . ويقل النشاط الزلزالي شمالاً ويقع أغلبه على المجرى القديم لنهر النيل (النطاق د) كما يقل أيضاً إلى الجنوب ويقع النشاط الزلزالى على فالق أبو دروة (النطاق هـ) .

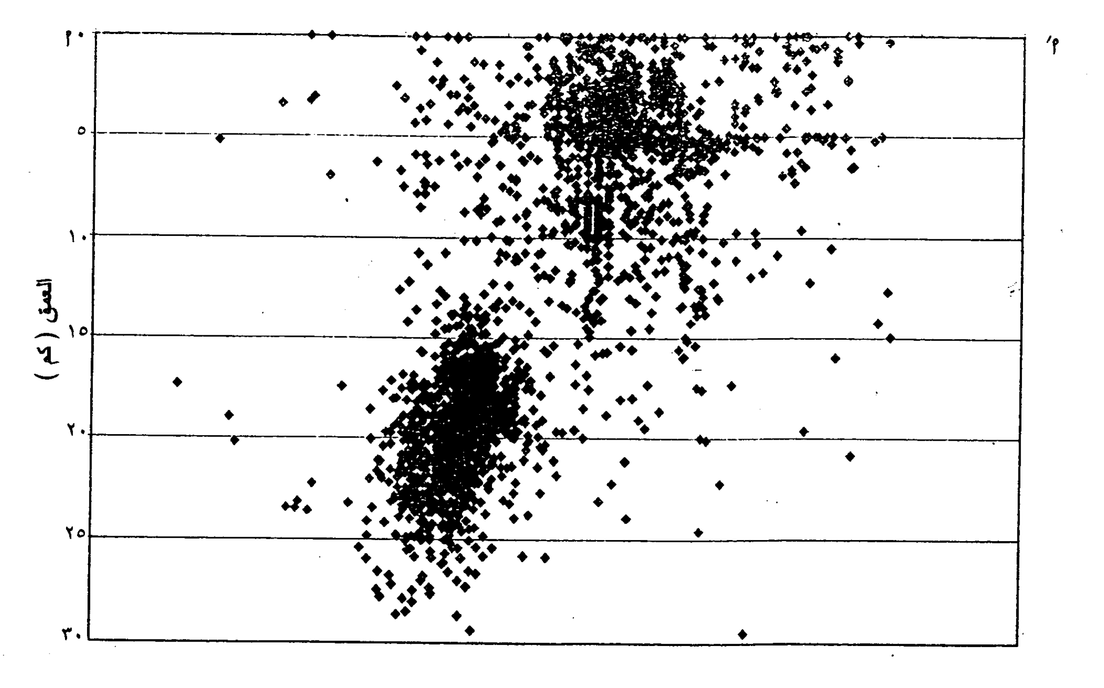




شكل رقم (٢٣)

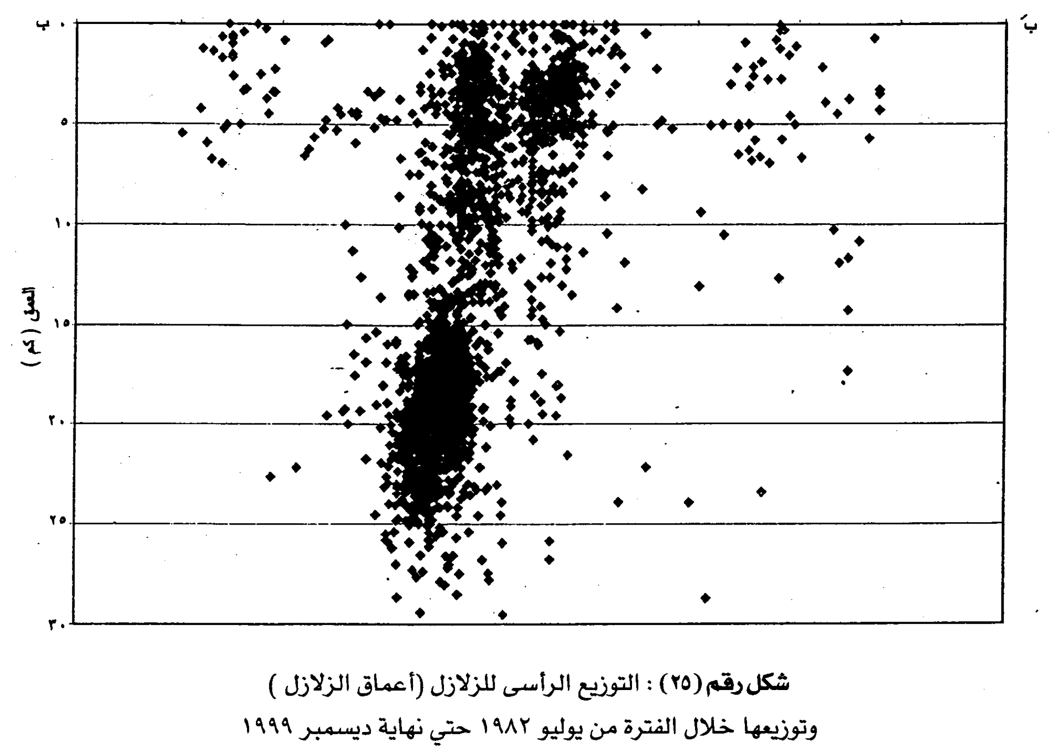
عدد الزلازل المسجلة خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ حتي نهاية ديسمبر ١٩٩٩ بمنطقة شمال بحيرة ناصر





شكل رقم (٢٤) : التوزيع الرأسى للزلازل (أعماق الزلازل)
وتوزيعها الأفقى خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ حتي نهاية ديسمبر ١٩٩٩

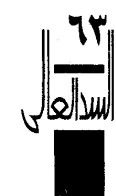




شكل رقم (٢٥) : التوزيع الرأسى للزلازل (أعماق الزلازل)
وتوزيعها خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ حتي نهاية ديسمبر ١٩٩٩

هذا عن التوزيع الأفقي لمراكز الزلازل التى حدثت بمنطقة شمال بحيرة ناصر خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتى نهاية ديسمبر ١٩٩٩ وتقسيمها إلى نطاقات زلزالية حسب معدلات حدوثها وتكراريتها ، فماذا إذا عن التوزيع الرأسي للنشاط الزلزالى (أعماق بؤر الزلازل) ؟ ... يوضح ذلك الأشكال أرقام (٢٤ ، ٢٥) التى تبين التوزيع الرأسي للزلازل (توزيع الزلازل حسب أعماق بؤرها) على إمتداد القطاعين أ أَ ، ب بَ الموضحين على الشكل رقم (٢٢) . حيث يتبين من هذين القطاعين أن بؤر الزلازل التى حدثت بالمنطقة تقع على عمقين متباينين ، الأول منهما يصل إلى عمق ١٠ كيلو مترات أما الثاني فيقع فيما بين ١٠-٣٠ كيلو متر . وظاهرة حدوث النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر على عمقين مختلفين تم التعرف عليها خلال الأعوام الأولى التى تلت تشغيل مركز الزلازل الإقليمي بأسوان ومحطاته الحقلية ، وإستمرت هذه الظاهرة فى الأعوام التالية وحتى الآن . وقد أوضحت الدراسات والبحوث عدم وجود علاقة واضحة بين أعماق بؤر الزلازل وقوتها .

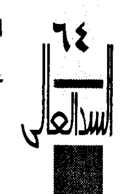
وقد أفاد توافر بيانات النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتى نهاية ديسمبر ١٩٩٩ من إجراء مضاهاة بين هذا النشاط والمتغيرات الطبيعية بالمنطقة . حيث تم دراسة العلاقة بين النشاط الزلزالي والتغير فى منسوب المياه في بحيرة ناصر ، ودراسة العلاقة بين التغير في منسوب المياه الجوفية بالمنطقة والتغيير في منسوب المياه فى بحيرة ناصر، ودراسة العلاقة بين النشاط الزلزالي والتغيير في منسوب المياه الجوفية بالمنطقة . ويوضح الشكل رقم (٢٦) العلاقة بين التغير في منسوب المياه في بحيرة ناصر وعدد الزلازل المسجلة بمنطقة شمال بحيرة ناصر خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتى نهاية ديسمبر ١٩٩٩ . حيث يبين الشكل رقم (٢٦) تميز بحيرة ناصر بظاهرة الملء والتفريغ

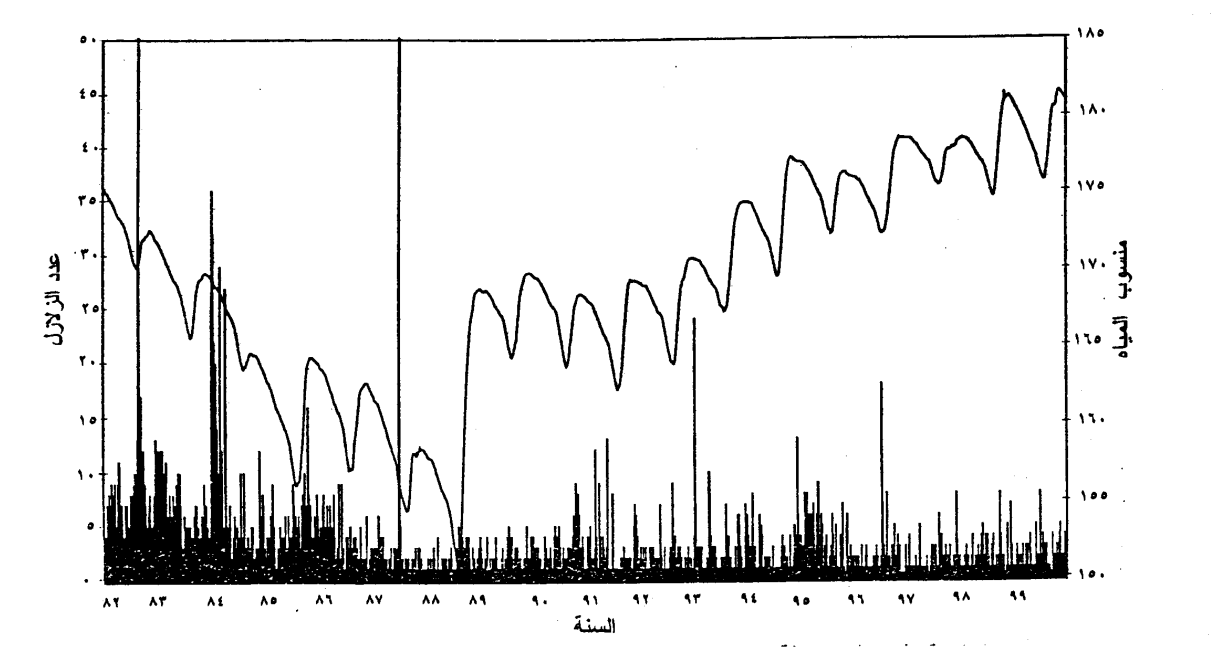


السنوي المتكرر ، وما برهنت عليه البحيرة من قدرتها التخزينية وتوفيرها المياه اللازمة لمصر وحمايتها لشعبها من الجفاف الذي عانت منه الشعوب الإفريقية فيما بين أعوام ١٩٨١ ، ١٩٨٨, وعلى الرغم من أن زلزال نوفمبر ١٩٨١ قد حدث بعد أسبوع وأحد من بداية تناقص منسوب المياه بالبحيرة بعد وصولها لأعلى منسوب لها في ذلك العام وهو١٧٧,٣ متراً ، إلا أن العلاقة بين التغير في منسوب المياه فى البحيرة وعدد الزلازل لم تخضع اقاعدة ثابتة تماماً ، حيث أنه قد تم تسجيل تزايد معدلات النشاط الزلزالي غالبا مع التناقص في منسوب المياه في البحيرة ، وفى حالات قليلة مع بدء زيادة المنسوب في البحيرة .ولكن من الواضح أن زيادة معدل النشاط الزلزالي قد صاحبت تناقص منسوب المياه في البحيرة فى أغلب الحالات ، مثال ذلك مايلي :

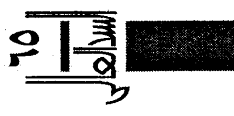
- حدوث عاصفة زلزاليه يوم ١٩ أغسطس ١٩٨٢، شملت حدوث ١١٦ زلزالا علي مدى أربعه وعشرون ساعة ، بلغ قوة أكبرها ٤,٩ درجة علي مقياس ريختر، وذلك بعد خمسة أيام من وصول منسوب المياه في البحيرة إلي أدني منسوب موسمي له.
- حدوث زلزال قوته ٤,٣ علي مقياس ريختر يوم ٢٩ فبراير ١٩٨٣ ، بعد ثمانية أيام من التناقص المفاجئ لمنسوب المياه للبحيرة .
- حدوث عاصفة زلزاليه كبيرة في يونيو ١٩٨٧ ، لم تزد قوة أكبر زلزال منها عن ٣,٥ درجة علي مقياس ريختر ، وذلك مع زيادة معدل التناقص في منسوب المياه بالبحيرة .

وبناء عليه يمكننا القول بأن النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر له إرتباط وثيق بمعدل تناقص منسوب المياه في بحيرة ناصر عن معدل الزيادة في منسوب المياه . ويدل علي ذلك الزيادة السريعة في ملء البحيرة إعتباراً من يوليو١٩٨٨ والتي لم يصاحبها حدوث نشاط زلزالي غير عادى (شكل رقم ٢٦) .





شكل رقم (٢٦) : العلاقة بين النشاط الزلزالى والتغير فى منسوب المياه فى بحيرة ناصر وعدد الزلازل المسجلة خلال الفترة من يوليو ١٩٨٢ وحتي يونيو ٢٠٠٠



أما عن العلاقة بين التغيير في منسوب المياه الجوفية بالمنطقة والتغير في منسوب المياه في بحيرة ناصر ، فقد أوضحت الدراسات والبحوث التي أجريت علي الآبار الموجودة بالمنطقة من خلال شبكة البيزومترات عدم تأثر منسوب المياه فى الآبار بالتغير الموسمي أو المفاجئ لمنسوب المياه فى بحيرة ناصر ، عدا الآبار القريبة جداً من البحيرة ، خاصة منها الآبار القريبة من خور كلابشة . أيضاً أوضحت الدراسات والبحوث التى أجريت على العلاقة بين النشاط الزلزالي والتغير فى منسوب المياه الجوفية بالمنطقة عدم وجود علاقة واضحة إلا فى الآبار القريبة جداً من بحيرة ناصر ، ووجود معامل إبطاء فيما بين تأثر منسوب المياه الجوفية بالتغير فى منسوب المياه فى البحيرة وحدوث النشاط الزلزالي .

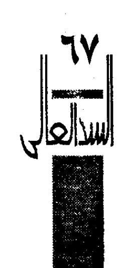
تأثير بحيرة ناصر على النشاط الزلزالي : ساعدت الدراسات والبحوث التى أجريت على المنطقة فى التعرف على مدى تأثير بحيرة ناصر على النشاط الزلزالي ، وذلك من خلال إتجاهين بحثيين: الأول منهما عنى بدراسة تأثير ثقل المياه فى البحيرة والثاني إتجه إلى دراسة تأثير تشبع الحجر الرملي النوبى أسفل البحيرة وعلى جوانبها بالمياه وربطها بالوضع التكتوني والجيولوجي للمنطقة .

وقد أوضحت الدراسات والبحوث أن تأثير بحيرة ناصر على النشاط الزلزالى مزدوج، أحدهما هو تأثير ثقل المياه فى البحيرة وهو العامل الأقل تأثيراً ، والثاني هو الناتج عن تشبع الحجر الرملي النوبي أسفل البحيرة وعلى جوانبها بالمياه وتسرب المياه إلى الصدوع والفوالق والشقوق بالمنطقة وتسهيلها للحركة على أسطح الصدوع والفوالق. وقد ساعدت طبيعة المنطقة ووضعها الجيولوجي من فاعلية تشبع الحجر الرملي النوبي بالمياه وتسربة إلى أسطح الصدوع والفوالق. حيث أن صخور الجرانيت القاعديه

للضفة الغربية لبحيرة ناصر تنحدر غرباً ويغطيها صخور الحجر الرملي النوبي الذى يزداد سمكاً فى إتجاه الغرب ، حيث يصل سمك الحجر الرملي النوبي بمنطقة النشاط الزلزالى بخور كلابشة إلى حوالي ٤٠٠ متر. وهذا الحجر الرملي النوبي يتميز بأنه شديد المسامية وله درجة نفاذية عالية ، كما تضم تكاوين الحجر الرملي النوبي طبقات تبادليه من الطفلة . وقد ساعد وجود عدد كبير من الأخوار، ومنها خور كلابشة ، على إمتداد مياه البحيرة إلى مسافة ٤٠ كيلو مترا للغرب ، وتسرب المياه فى مساحات كبيرة من الصخر النوبي الذى كان شديد الجفاف من قبل ، مما أدى إلى كبر مساحة البحيرة وزيادة تأثير المياه على قاع البحيرة وتأثير المياه المتسربة إلى الحجر الرملي النوبي وأسطح الصدوع والفوالق على قاع البحيرة وجوانبها.

إذا لماذا تأخر حدوث النشاط الزلزالي إلى عام ١٩٨١ مع أن ملء البحيرة قد بدأ منذ عام ١٩٦٤ ؟ . لتوضيح ذلك يمكننا القول أن وادى كلابشة لم تدخله المياه إلا عام ١٩٧٠، ولم يكتمل تغطية منطقة جبل مراوة إلا مع حدوث أقصى إرتفاع بالبحيرة ، وبذلك تشبعت المنطقة حول الخور بالمياه المتسربة إلى الحجر الرملي النوبي ، كما تشبع صدع كلابشة بطول ٣٠ متراً على الأقل بمياه البحيرة ، مما أدى إلى تسهيل حركة الصدوع والفوالق وتنشيط تجمع طاقة الإجهاد على أسطحها ، ومع تحرر الطاقة المتجمعة تولد زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ .

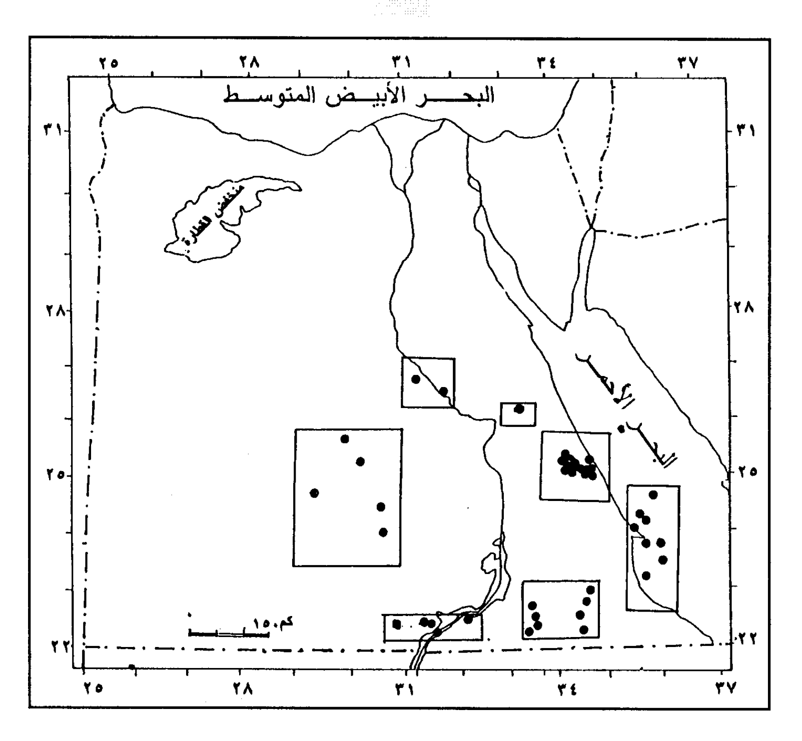
وقد ساعدت المحطات الحقلية لشبكة شمال بحيرة ناصر لرصد وتسجيل الزلازل على تسجيل النشاط الزلزالي بمناطق جنوب مصر . حيث تبين تركز النشاط الزلزالي الإقليمي بمناطق أبو دباب وبرنيس بالصحراء



الشـرقيـة على سـاحل البـحـر الأحـمـر، ومنطقـة شـرق العـلاقى بالصـحـراء الشـرقيـة شـرق بحـيـرة نـاصـر، وأبو سـمـبل جنوب بحـيـرة نـاصـر، والمنطقـة الواقـعـة على طريق سـفـاجـا - قنا، ومنطقـة سـوهـاج ، ومنطقـة الواحـات الداخلة. ويوضح الشكل رقم (٢٧) التـوزيع الجـغـرافي للنشـاط الزلـزالي الإقليـمى جنوب مـصـر والمسـجل من مـحطات الشـبكة . وهذا النشـاط الإقليمى غير مؤثر على جسم السد العـالي نظراً لبعد المسافة بين السد العالي ومواقع هذا النشاط ، وأيضاً لأن هذا النشـاط هو من النوع المتوسط ودون المتوسط .

خريطة النطاقات الزلزالية لجنوب مصر : إستخدمت البيانات الزلزالية التاريخية والبيانات المسجلة عن الزلازل التى حدثت جنوب مصر لإنشاء خريطة النطاقات الزلزالية للمنطقة (شكل رقم ٢٨) . حيث يوضح الشكل أن شدة الزلازل المتوقع حدوثها قد تصل إلى ٧ درجات بمقياس ميركاللى فى منطقة أبو دباب على سـاحل البحر الأحمر وإلى ٦ درجات على نفس المقياس بمنطقة أسوان وشمال بحيرة ناصر، وتقل درجة الشدة فى إتجاه وادى النيل والواحات.

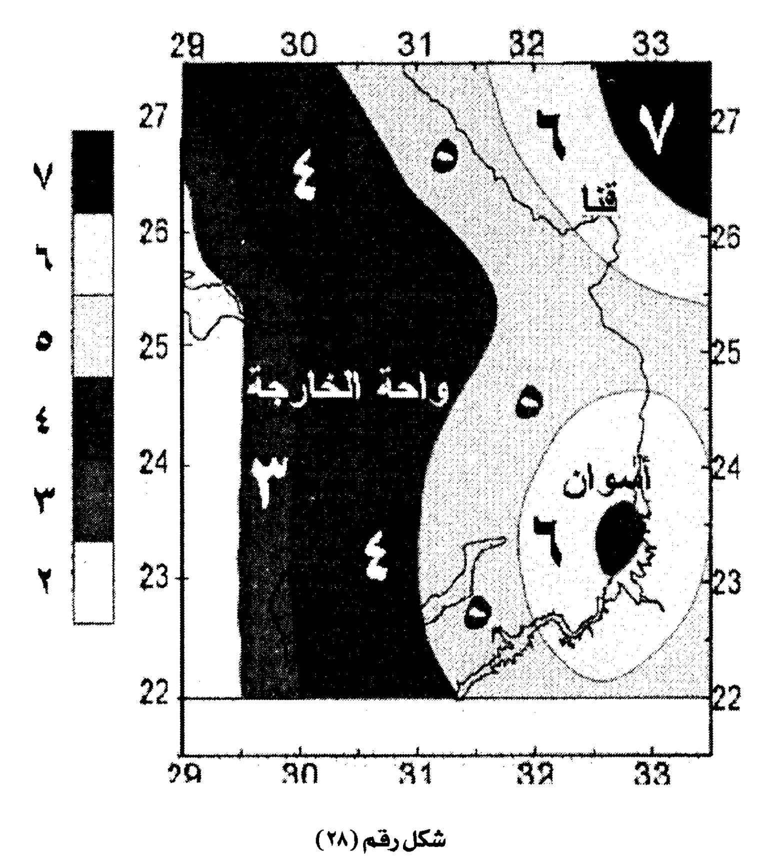
أقص عـجلة لإنتـشار موجـات الزلازل جنوب مصـر : تم حسـاب أقص عجلة لحركة سطح الأرض وإنتشار موجات الزلازل فى صخور المنطقة والتى يمكن لها أن تؤثر على جنوب مصر خلال فترات زمنية مختلفة . وقد أوضحت الدراسة أن أقصى عجلة لإنتشار موجات الزلازل قد تؤثر على جنوب مصر خلال الخمسين سنه القادمة ، بدرجة ثقة ٩٠ ٪، لن تزيد عن ٠,١٠ جـ (حيث جـ هى عجلة الجاذبية الأرضية) ، أى حوالى ١٠٠ سم /ث٢ . وهذه القيمة تمثل درجة خطورة دون المتوسطه.



شكل رقم (٢٧)

النشاط الزلزالى الإقليمى جنوب مصر عن الفترة ١٩٩٧ - ١٩٩٩

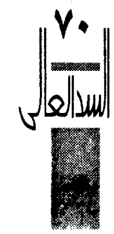




شكل رقم (٢٨)

خريطة النطاقات الزلزالية لمنطقة شمال بحيرة ناصر

(عن رياض وآخرين ١٩٩٦)

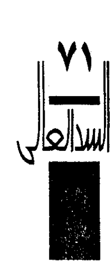


ثانياً : علاقة التراكيب الجيولوجية المؤثرة على المنطقة بالنشاط الزلزالى :

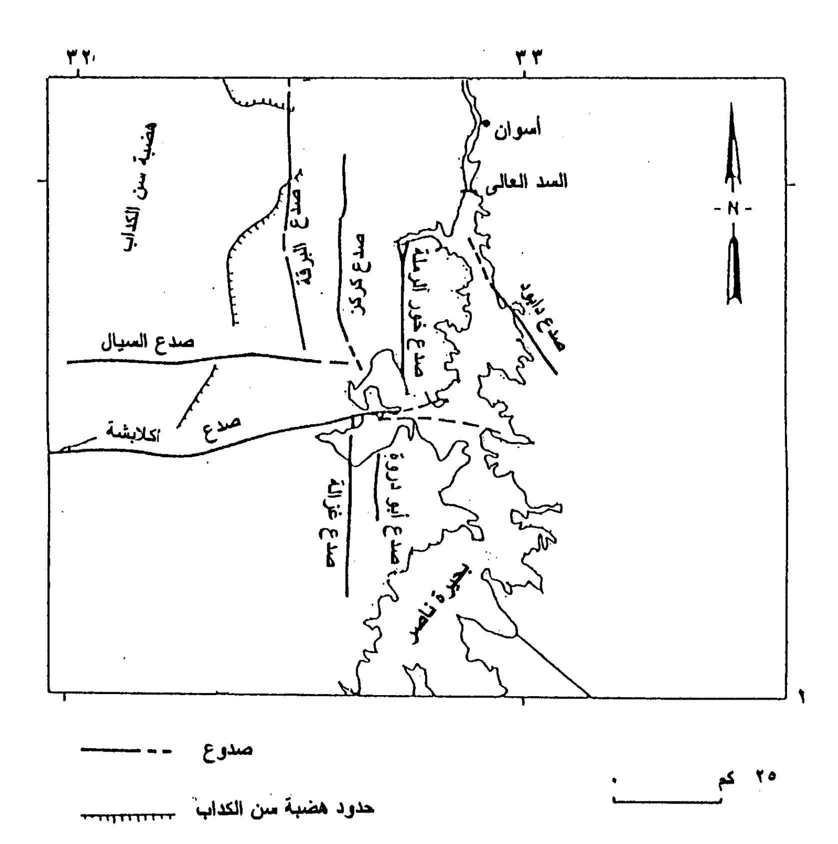
أوضحت الدراسات والبحوث عن الزلازل التاريخية والزلازل الحديثة المسجلة جنوب مصر أنه لم تحدث زلازل بالمنطقة بقوة أكبر من ٦ درجة على مقياس ريختر خلال الثلاثة آلاف سنه الماضية .أيضاً أكدت الدراسات التى أجريت على الصدوع والفوالق النشطة بمنطقة شمال بحيرة ناصر (شكل رقم ٢٩) أن زلزالا بقوة ٧ درجة على مقياس ريختر غير محتمل الحدوث بالمنطقة نظراً لطبيعة الصدوع والفوالق النشطة بالمنطقة وقدرة صخورها على تحمل تجمع الطاقة التى يحدث عنها زلزال بهذه القوة.

وقد تم تقسيم الصدوع والفوالق بالمنطقة (كلابشة - السيال - البرقة - كركر - خور الرمله - أبو دروه - غزالة) حسب نشاطها بناءاً على: الدراسات الجيومورفولوجية للمنطقة، ودراسة التتابع الطبقى ، والإزاحات على الفوالق القاطعة للطبقات ، ومراقبة التحركات الحديثة للقشرة الأرضية بالمنطقة، ودراسة النشاط الزلزالي التاريخي والحديث بالمنطقة. حيث أوضحت الدراسات التى أجريت على الصدوع والفوالق بمنطقة شمال بحيرة ناصر وجود خمس فوالق نشطة يحدث عليها نشاط زلزالي متباين وهى صدوع كلابشة والسيال وجبل البرقة وكركر وخور الرمله ، أما باقى الصدوع والفوالق خاصة منها فوالق شرق بحيرة ناصر والفوالق القريبة من جسم السد العالي فهي فوالق غير نشطة . ويعتبر صدع كلابشة هو أكثرها نشاطاً ، حيث يتركز غالبية النشاط الزلزالى بمنطقة خور كلابشة والذى يقطعه صدع كلابشة ممتدا حتى المجري القديم لنهر النيل .

الحركة الميكانيكية لصدع كلابشة : من الدراسات والبحوث التى أجريت على بيانات الزلازل التى تم تسجيلها بمنطقة شمال بحيرة السد العالي أمكن دراسة الحركة الميكانيكية لصدع كلابشة ، حيث تبين تأثير طاقة

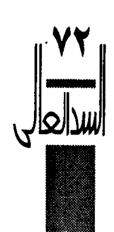


ضغط إقليمية على المنطقة فى إتجاه شمال غرب - جنوب شرق ينتج عنها حركة إزاحة أفقية على سطح الفالق وإزاحات رأسية فى بعض مناطقه . وقد أكدت دراسات التحركات الحديثة للقشرة الأرضية التى أجريت على الفالق صحة هذه النتائج .



شكل رقم (٢٩)

التوزيع الجغرافى لأهم الصدوع والفوالق بمنطقة شمال بحيرة ناصر

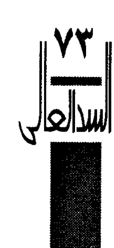


ثالثاً : تعيين معدلات تحركات القشرة الأرضية المصاحبة لحدوث الزلازل:

أوضحت دراسات التحركات الحديثة للقشرة الأرضية التى أجريت على أجزاء من الصدوع والفوالق النشطة بمنطقة شمال بحيرة ناصر منذ عام ١٩٨٣ حدوث تحركات أفقية ورأسية بمناطق هذه الفوالق مصاحبة لحدوث النشاط الزلزالي بالمنطقة . حيث تم حساب معدلات هذه التحركات ومضاهاتها بالنشاط الزلزالي والمتغيرات الطبيعية بالمنطقة . وقد بينت نتائج هذه الدراسات إرتباط التحركات الحديثة للقشرة الأرضية بمنطقة شمال بحيرة ناصر بالنشاط الزلزالي الذى يحدث بها ، حيث يزيد معدل التحركات مع زيادة النشاط الزلزالي ويقل المعدل مع نقصانه.

أيضاً أكدت الدراسة عدم وجود توافق فيما بين معدلات التحركات الرأسية الحديثة للقشرة الأرضية والتغير الموسمى والمفاجئ فى منسوب المياه فى البحيرة ، مما ساعد إستنتاج أن ثقل عمود المياه بالبحيرة ليس بالعامل كبير التأثير أو الأساس المساعد على حدوث النشاط الزلزالي وتحركات القشرة الأرضية المصاحبة له بالمنطقة .

ومع إستخدام التقنيات الفضائية الحديثة فى مراقبة التحركات الحديثة للقشرة الأرضية وتعيين معدلاتها أمكن حساب معدلات التحركات الأفقية والرأسية بالمنطقة ، ومنها تم التوصل إلى إستنتاج أن معدل الحركة الرأسية ذو تأثير كبير على المنطقة عن معدل الحركة الأفقية . وهذه الظاهرة يمثلها الشكل رقم (٣٠) ، الذى يبين وجود منطقة تغير كبير وإنحدار فى معدل الحركة الرأسية فيما بين شمال وجنوب خور كلابشة ، كما يوضح الشكل الحركة الرأسية على جانبي صدع كلابشة القاطع لمنطقة الخور غرب بحيرة ناصر .

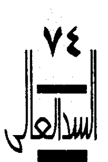


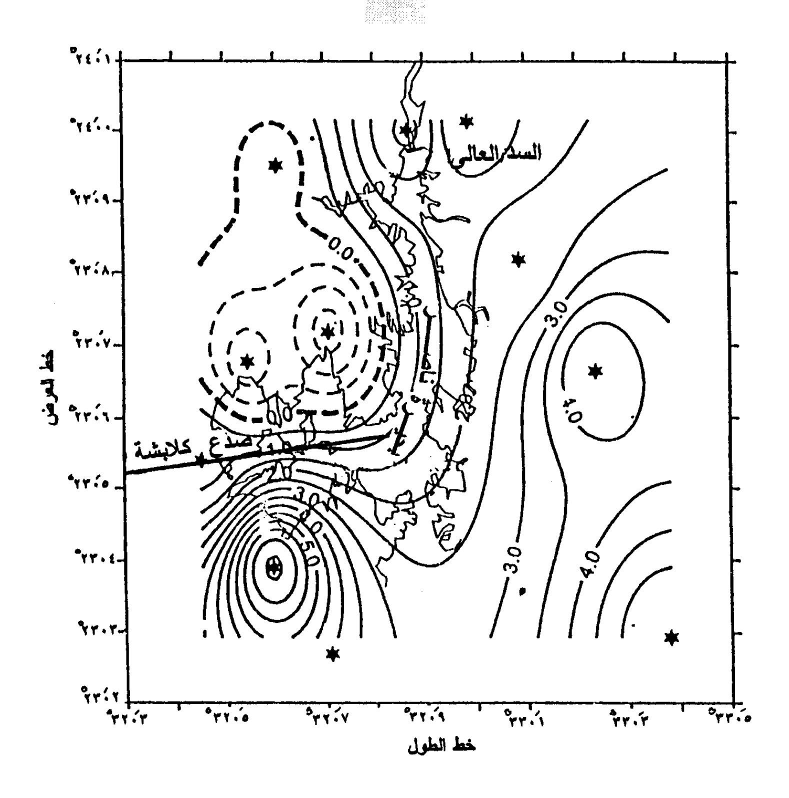
معدلات التحركات الرأسية المؤثرة على منطقة وجسم السد العالي.

إستخدمت بيانات قياسات الميزانية الدقيقة إلى أجريت بانتظام على ثمانية من خطوط الميزانية المنشأة بطول جسم السد العالي لحساب معدل التغير الرأسي فى المناطق المختلفة من جسم السد العالي ، ودراسة علاقتها مع تغير منسوب المياه فى بحيرة ناصر، ومعدل النشاط الزلزالي بمنطقة شمال البحيرة . وقد أوضحت نتائج الحسابات والدراسات التى أجريت على المناطق المختلفة من جسم السد العالي (الصخر الرمل النوبي للغرب من جسم السد العالي - السد الركامي - السد الخرساني - صخور الجرانيت للشرق من جسم السد العالي) ما يلى :

- تناقص معدل الهبوط الرأسي بالصخر الرملي النوبي عند التقائة مع السد الركامي غرب جسم السد العالي من ٢٠,٢ مم سنوياً ، بعد الخمس سنوات الأولي من إنتهاء إنشاء السد ، إلى ١,٧ مم سنوياً.
- تناقص معدل الهبوط الرأسي فى منطقة السد الركامي من ٤٥,٠ مم سنوياً ، خلال الخمس سنوات الأولي من إنتهاء إنشاء السد العالي ، إلى ٦,٩ مم سنوياً.
- تناقص معدل الهبوط الرأسي فى منطقة السد الخرساني من ٣,٠ مم سنوياً ، خلال الخمس سنوات الأولى من إنتهاء إنشاء السد إلى ٠,٥ مم سنوياً .
- ثبات معدل الهبوط الرأسي بالصخور الجرانيتيه حول ٠,٥ مم سنوياً.

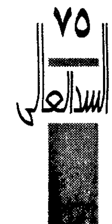
وقد أوضحت نتائج هذه الدراسة أن معدلات الهبوط الرأسي بالمناطق المختلفة من جسم السد العالي قد إقتربت قيمها من بعضها البعض ، ومن المعدل الطبيعي للتحركات الرأسية بالمنطقة والذي يمثله الصخور الجرانيتية على الجانب الشرقي من السد العالي . ويعتبر ذلك دليلاً على





شكل رقم (٣٠)

معدل التحركات الرأسية (التغير فى الارتفاعات) بمنطقة شمال بحيرة ناصر خلال الفترة من ١٩٩٧ - ١٩٩٨



التجانس التدريجي للمناطق المختلفة المكونة لمنشأ السد العالي وتوافقها الحركي كوحدة واحدة ، مما يدل على الدرجة العالية لثبات وإتزان جسم السد العالي ومقاومته العالية للكوارث الطبيعية وأهمها الزلازل . أيضاً أوضحت الدراسة إكتمال تجانس منطقة السد الركامي وتضاغط المسام الموجودة بين مكوناته، مما يؤكد على زيادة تماسكها ومقاومتها لتأثير الزلازل .

أجريت أيضاً مضاهاه بين معدلات النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر ومعدلات الهبوط الرأسي بالمناطق المختلفة من جسم السد العالي، وأظهرت الدراسة عدم وجود توافق بينهما ، مما يوضح أن معدلات الهبوط بالمناطق المختلفة من جسم السد العالي مرتبطة بطبيعة السد نفسة وطبيعة المناطق المنشأ عليها .وهبوط السدود الركامية هو من طبيعة هذه السدود ويستمر لفترة ما بعد إنتهاء إنشائها . أيضاً أوضحت مضاهاه معدلات الهبوط الرأسي بالمناطق المختلفة من جسم السد العالي مع التغير فى منسوب المياه ببحيرة السد العالي وجود علاقة موسمية مرتبطة فقط بمعدلات الملء والتفريغ بالبحيرة خاصة فى منطقة السد الركامي، وفى السنوات الأولي التالية لإتمام إنشاء السد .

رابعاً : تقدير مقاومة السد العالى للزلازل :

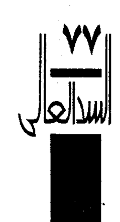
لتقدير مقاومة السد العالي للتشوهات الناتجة عن الزلازل وتقييم درجة ثباته وإتزانة أجريت دراسة إحتمالية تأثير ثلاثة زلازل مختلفة القوة والعجلة الموجية على أربعة مقاطع مختلفة من جسم السد العالي وأيضاً تأثيرها على أربعة أعماق مختلفة من هذه المقاطع الأربعة . حيث تم فرض حدوث الزلزال الأول على مسافة متوسطة من جسم السد العالي بقوة ٧ درجة على مقياس ريختر وإنتشار موجاته بعجلة موجية زلزالية قصوى

٠,٢٢ جـ ، (حيث جـ هى عجلة الجاذبية الأرضية) ، أى حوالى ٢١٥ سم / ث٢ . وحدوث الزلزالي الثانى على مسافة بعيدة عن جسم السد العالى وبقوة ٧ درجة على مقياس ريختر وإنتشار موجاتة بعجلة موجيه زلزالية أقل من ٠,١٥ جـ ، أى حوالي ١٥٠ سم / ث٢ . أما الزلزال الثالث فقد إفترض حدوثه بالقرب من جسم السد العالي وبقوة ٥ درجة على مقياس ريختر وإنتشار موجاته بعجلة موجية زلزالية كبيرة ٠,٣٥ جـ ، أى حوالى ٣٤٥ سم / ث٢ . وقد أكدت نتائج الدراسة ما يلى :

- أن أقصى تأثر للسد العالي قد يحدث عن الزلزال المفترض حدوثه بأقصى قوة ٧ درجة مقياس ريختر وأقصى عجلة إنتشار لموجاته قدرها ٠,٢٢ جـ ، حيث يكون التأثير فى صورة تشققات صغيرة فى جسم السد العالي وإنزلاقات فى مناطق محدودة وهبوط فى بعض المناطق الخارجية من جسم السد . إلا أن إحتمالية حدوث مثل هذا الزلازل على مدى ٥٠٠ سنة قادمة فى منطقة قريبة من جسم السد العالي غير قابلة للتحقق بدرجة عالية من الثقة تصل الى ٩٩,٩٪ . كما أن الشكل الإنحدارى لجسم السد العالى ، الأمامى والخلفى ، تمثل درجة أمان عالية للسد العالى من تأثير مثل هذا الزلزال .

- يقل تأثر السد العالي بالزلزال المفترض حدوثه بقوة ٧ درجة على مقياس ريختر وعجلة إنتشار لموجاته قدرها ٠,١٥ جـ . حيث يكون التأثير فى صورة هبوط فى بعض مناطق الإنحدار الأمامى والخلفي . وهذا الزلزال إحتمالية حدوثه ضعيفة جداً على مدى ٥٠٠ سنة قادمة .

- أما عن الزلزال المفترض حدوثه بقوة ٥ درجة على مقياس ريختر وعجلة إنتشار لموجاته قدرها ٠,٣٥ جـ ، فليس له أى تأثير محتمل على جسم السد العالي .



وتتطابق نتائج هذه الدراسة مع حسابات تصميم منشأ السد العالي والتى وضعت على أساس تحمل السد العالى لزلزال قوته ٧ درجة على مقياس ريختر وعجلة قصوى لإنتشار موجاته قدرها ٠,٢٢ (٢١٥ سم / ث٢) ، يحدث على بعد متوسط من جسم السد العالى . وقد وضعت هذه الفرضية على أساس ضعف إحتماليه وقوع مثل هذا الزلزال نظراً لطبيعة صخور هذه المنطقة وعدم قدرتها على تحمل تجمع الطاقة للمستوى الذى ينتج عنه حدوث زلزال بهذا القدر .



هل السد العالي مقاوم للزلازل ؟

على الرغم من العديد من الدراسات والبحوث التى أجريت على السد العالي ومنطقة شمال بحيرة ناصر للتعرف على طبيعتها وأسباب حدوث الزلازل بها ، ودراسة تأثير الزلازل والتحركات المصاحبة لها على جسم السد العالي ومنشآته الحيوية ، بهدف التقليل من مخاطرها على هذا المنشأ الحيوي ، فقد تم إختيار البعض بل القليل منها وتبسيطها وشرحها فى هذا الكتيب المبسط عن " السد العالي والزلازل " . ونظراً لأن الكثير من الدراسات والبحوث التى أجريت على المنطقة هى من الدراسات المتخصصة التى يصعب شرحها وتبسيطها لغير المتخصصين ، فقد تم الإكتفاء بالدراسات والبحوث التى أمكن تبسيطها فى صورة تمكن القارىء من تكوين صورة عن أسباب حدوث النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر ومصادر هذا النشاط وطبيعته ومدى تأثيره عل السد العالي ومنشآته الحيوية، وتقييم مدى الخطورة التى قد تنتج عن هذه الزلازل والتحركات المصاحبة لها ، ودراسة مدى إحتمالية حدوث الزلازل بالمنطقة ، وتقدير مقاومة السد العالي لهذه الزلازل لذا فانه يلزمنا الإجابة عن السؤال التقليدى .. هل السد العالي مقاوم للزلازل ؟ ... وما مدى تأثره بالنشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر والمناطق الإقليمية المحيطة به ؟ .... والزلازل المحتمل حدوثها ؟ ... والإجابة عن هذا الأسئلة يوضحها السرد الموجز للبيانات ونتائج الدراسات والبحوث التى أجريت على المنطقة ومنها ما تم الإشارة إليها فى هذا الكتيب ، وذلك على الوجه التالي :

(١) تم تصميم منشأ السد العالي ليتحمل زلزالاً قوته ٧ درجة على مقياس ريختر ، وعلى فرضية ضعف إحتمال وقوع مثل هذا الزلزال بالمنطقة نظراً لطبيعتها ونوع صخورها .



(٢) يعتبر صدع كلابشة هو المصدر الرئيسى لزلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ . ويقع الصدع جنوب غرب السد العالي بسبعين كيلو مترا . ويقع الجزء الشرقي من الصدع ، الذي يحدث علية النشاط الزلزالي، بمنطقة خور كلابشة وهو أكبر الأخوار المتصلة ببحيرة ناصر .

(٣) أوضحت سجلات الزلازل التاريخية والزلازل المسجلة أنه لم تحدث زلازل بالمناطق المحيطة بالسد العالي بقوة أكبر من ٦ درجة على مقياس ريختر خلال الثلاثة آلاف سنة لماضية .

(٤) أكدت الدراسات التي أجريت على الصدوع والفوالق النشطة بالمنطقة وطبيعة صخورها وقوة تحملها أن زلزالاً بقوة ٧ درجة على مقياس ريختر غير محتمل الحدوث .

(٥) حدوث زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨٤ بعد سبعة عشر عاماً من بدء التخزين فى بحيرة ناصر، وبعد عامين من وصول منسوب المياه فى البحيرة لأعلى قيمة له (١٧٧,٤٨ متراً) فى نوفمبر ١٩٨٧ ، وبعد أسبوع واحد من بدء تناقص منسوب المياه فى البحيرة والذى كان قد وصل إلى منسوب ١٧٧,٣ متراً فى نوفمبر ١٩٨١ .

(٦) إستمرار النشاط الزلزالي بالمنطقة حتى اليوم متبايناً فى القوة والعدد ، حيث أن غالبية الزلازل المسجلة تتراوح قوتها ما بين ١-٣ درجة على مقياس ريختر ، ويقل عدد الزلازل التى تزيد قوتها عمق ٣ درجة على مقياس ريختر . أما الزلازل التى تزيد قوتها عن ٤ درجة على مقياس ريختر فهى محدودة العدد .

٧) التناقص التدريجى والمستمر لمعدل النشاط الزلزالي بالمنطقة منذ حدوث زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ وحتى الآن ، وهو ما يتوافق مع السلوك العام لجميع البحيرات الصناعية.



(٨) قسمت المنطقة حسب طبيعة النشاط الزلزالي بها ومعدلاته الى عدة نطاقات زلزالية أكثرها نشاطاً مناطق خور كلابشة وجنوب خور الرملة.

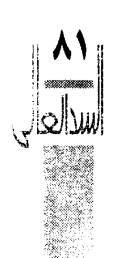
(٩) تقع بؤر الزلازل التى تحدث بالمنطقة على عمقين متباينين ، الأول منهما على عمق ١٠ كيلو متر والثانى فيما بين ١٠-٣٠ كيلو متر .

(١٠) يرتبط النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر غالباً بمعدل تناقص منسوب المياه فى بحيرة ناصر .

(١١) هناك عاملين أساسين هما المسببين لحدوث النشاط الزلزالي بمنطقة شمال بحيرة ناصر . أولهما وهو الأقل تأثيرا هو ثقل المياه فى البحيرة ، أما الثانى فهو الناتج عن تشبع الحجر الرملى النوبى أسفل البحيرة وعلى جوانبها بالمياه وتسرب المياه إلى الصدوع والفوالق والشقوق بالمنطقة وتسهيلها للحركة على أسطح الصدوع والفوالق .

(١٢) لم يحدث زلزال ١٤ نوفمبر ١٩٨١ إلا بعد إكتمال تغطيه منطقة خور كلابشة بالمياه مع حدوث أقصى إرتفاع لمنسوب المياه للبحيرة وتسهيل المياه المتسربة لحركة صدع كلابشة وتجمع طاقة الإجهاد على سطحه.

(١٣) قسمت الصدوع والفوالق بالمنطقة إلى خمس فوالق نشطة يحدث عليها نشاط زلزالي متباين (كلابشة - السيال - جبل البرقة - كركر - خور الرملة) ، وفوالق غير نشطة. ويعتبر صدع كلابشة هو أكثرها نشاطاً.



(١٤) يتركز النشاط الزلزالي الإقليمى حول منطقة السد العالي وبحيرة ناصر فى مناطق أبو دباب وبرنيس بالصحراء الشرقية على ساحل البحر الأحمر ومنطقة شرق العلاقي بالقرب من بحيرة ناصر وأبو سمبل جنوب بحيرة ناصر ومناطق سوهاج وطريق سفاجا – قنا . وهذا النشاط غير مؤثر على السد العالي لبعد المسافة بينهما وطبيعة هذا النشاط.

(١٥) شدة الزلازل المتوقع حدوثها بمنطقة شمال بحيرة ناصر ومنطقة السد العالي هى ٦ درجات على مقياس ميركاللى .

(١٦) أقصى عجلة لإنتشار موجات الزلازل قد تؤثر على منطقة السد العالي وشمال بحيرة ناصر خلال الخمسين سنة القادمة لن تزيد عن ٠,١٠ جـ، أى حوالي ١٠٠ سم / ث٢، وهى قيمة لخطورة زلزالية دون المتوسطة .

(١٧) نتيجة لتأثير طاقة ضغط على المنطقة تحدث إزاحة أفقية على أسطح الصدوع والفوالق وإزاحات رأسية فى بعض المناطق على إمتداد الصدوع والفوالق الموجودة بالمنطقة .

(١٨) أوضحت الدراسات إرتباط التحركات الحديثة للقشرة الأرضية بمنطقة شمال بحيرة ناصر بالنشاط الزلزالي بالمنطقة ، حيث يزيد معدل التحركات بزيادة النشاط الزلزالي ويقل المعدل مع نقصانه .

(١٩) أكدت الدراسات عدم وجود توافق بين معدلات التحركات الرأسية الحديثة للقشرة الأرضية مع التغير الموسمي والمفاجئ فى مستوى المياه ببحيرة ناصر ، مما يدل على أن ثقل عمود المياه بالبحيرة ليس

له تأثير كبير على حدوث النشاط الزلزالي بالمنطقة .

(٢٠) معدلات التحركات الرأسية للقشرة الأرضية بالمنطقة أكثر تأثيراً على المنطقة من معدلات التحركات الأفقية .

(٢١) إقتراب معدلات الهبوط الرأسى بالمناطق المختلفة من جسم السد العالي من بعضها البعض ومن المعدل الطبيعى للتحركات الرأسية للصخور الجرانيتية على الجانب الشرقي من السد العالي ، وهو ما يدل على تجانس المناطق المختلفة للسد العالي وتوافقها الحركى ، والدرجة العالية لثبات جسم السد العالي ومقاومته للزلازل .

(٢٢) التجانس الحالي لمنطقة السد الركامي وتضاغط المسام الموجودة بين مكوناته مما يؤكد على زيادة تماسكها ومقامتها لتأثير الزلازل .

(٢٣) معدلات الهبوط التى تم رصدها بالمناطق المختلفة من جسم السد العالي مرتبطة بطبيعة منشأ السد العالي نفسه والمناطق الصخرية المنشأ عليها ، ولا يوجد أى إرتباط بينها وبين معدلات النشاط الزلزالي بالمنطقة .

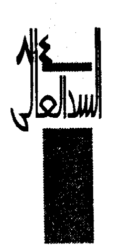
(٢٤) وجود علاقة بين معدلات الهبوط الرأسى فى منطقة السد الركامى والتغير الموسمى فى معدلات الملء والتفريغ بالبحيرة فى السنوات الأولى التالية لإتمام إنشاء السد فقط .

(٢٥) أقصى تأثر للسد العالي قد يحدث عن زلزال قوته ٧ درجة على مقياس ريختر تنتشر موجاته بعجلة قصوى قدرها ٠,٢٢ جـ (حوالي ٢١٥ سم/ ث٢) . علماً بأن إحتمالية حدوث مثل هذا الزلزال فى منطقة قريبة من جسم السد العالي على مدى ٥٠٠ سنة قادمة غير



قابل للتحقق بدرجة عالية من الثقة تصل ٩٩,٩ ٪، وذلك نظراً لطبيعة صخور المنطقة وعدم قدرتها على تحمل تجمع الطاقة للمستوى الذى ينتج عنه حدوث زلزال بهذا القدر .

ويوضح هذا الموجز للبيانات ونتائج الدراسات والبحوث التى تم الإشارة إليها مدى الأمان الذى يتمتع به السد العالي ومنشآته الحيوية من أخطار الزلازل ، ومدى مقاومة جسم السد العالي لهذه الأخطار . وقد ساعدت الدراسات والبحوث التى أجريت من خلال منظومة فريدة من التعاون بين المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيفية والهيئة العامة للسد العالي وخزان أسوان على طوال الفترة من عام ١٩٨١ وحتى الآن فى التعرف على طبيعة المنطقة المحيطة بالسد العالي والوقوف على أسباب حدوث النشاط الزلزالي بها والعمل معا على التقليل من مخاطرها ، والعزم على إستمرار مراقبة النشاط ، الزلزالي والتحركات المصاحبة لهذا النشاط وإستمرار دراسة تأثيرهما على المنطقة ، لدوام الحفاظ على السد العالي ومنشآته الحيوية التى تشكل عطاءاً دائماً للإقتصاد المصري ، والذى يعتبر أيضاً رمزاً لكفاح الإنسان المصري من أجل حاضرة ومستقبله.



المؤلف

أ.د./ على عبد العظيم تعيلب

أستاذ الجيوفيزياء وتحركات القشـــرة الأرضـــية
ورئيس المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

● من أوائل الحاصلين على درجة دكتوراه الفلسفة فى العلوم فى مجال " طبيعة الأرض " فى مصر ، حصل على درجة الدكتوراة عام ١٩٧٧ من معهد طبيعة الأرضية ببوتسدام بألمانيا .

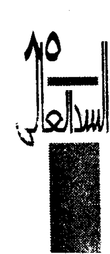
● حصل على نوط الامتياز من الطبقة الأولى عام ١٩٩٥ وجائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الجيولوجيا عام ١٩٨٨ عن دورة فى إنشاء تخصص دراسات تحركات القشرة الأرضية فى مصر . وهو حاصل أيضاً على شهادات تقدير من الجمعية الجيوفيزيقية المصرية عام ١٩٩٤ ومن المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية أعوام ١٩٩٠ ، ١٩٩٤ ، وميداليات تقدير من المعهد عام ١٩٩٠ .

على المستوى المحلى شغل مناصب علمية وقيادية متعدد بالمعهد . ويعمل منذ ديسمبر ١٩٩٩ رئيساً للمعهد القومى للبحوث الفلكية ويرأس الشبكة القومية للزلازل والتقليل من المخاطر . كما يعمل أيضاً مديراً لمركز الزلازل الإقليمى بأسوان .

وعلى المستوى الدولي فهو يمثل مصر لدى الرابطة الدولية للجيوديسيا، أحد روابط الإتحاد الدولي للطبيعة الأرضية ومقاييس الأرض، ويتمتع بعضوية اللجنة الدولية لتشوهات القشرة الأرضية، ورئاسة اللجنة الأفريقية لتشوهات القشرة الأرضية المثبقة عن الرابطة الدولية للجيوديسيا .

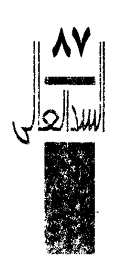
لجنة النشر

المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية



المحتويات





تم بحمد الله



شـــركـــة مطابع الطوبجى

٢٠ ش الجامع الإسماعيلي - ت : ٧٩٦٢٣٦٤

محمول : ٠١٠/١١١٨٨٨٤ - ٠١٢/٢١١٧٣٠٦

المدير العام

سمير الطوبجي

التصميم والإخراج الفنى للمهندس

مصطفى خيري